

화학공학과

유기화학

[2강]

산과 염기

노인섭 교수님



학습목표

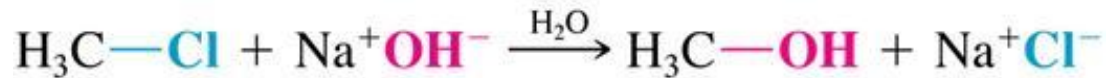
유기화학의 기본반응인 산-염기 반응을 알고,
그것으로부터 분자의 구조와 반응성 사이의
관계를 이해한다.

1. 유기반응과 반응메커니즘

1 유기반응의 종류

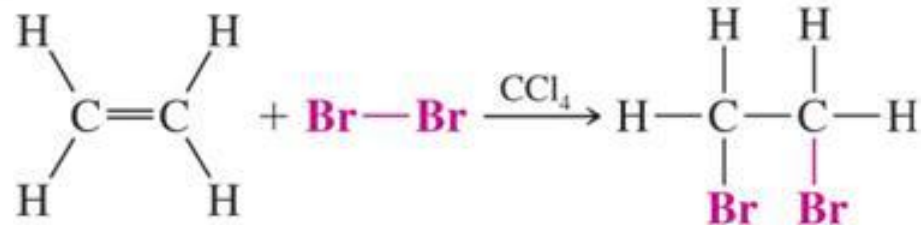
- 치환반응

- 포화 화합물의 전형적인 반응으로, 첨가하는 시약의 모든 부분들에서 생성물이 나타남
- 예) 알칸, Alkyl halides, 고리화합물



- 첨가반응

- 다중결합의 반응으로, 2분자 → 1분자 화합물 형성

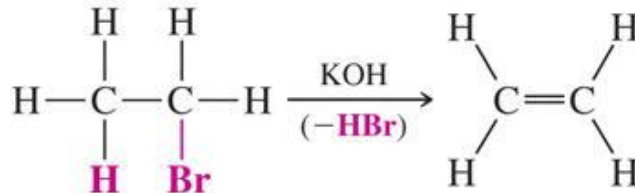


1. 유기반응과 반응메커니즘

1 유기반응의 종류

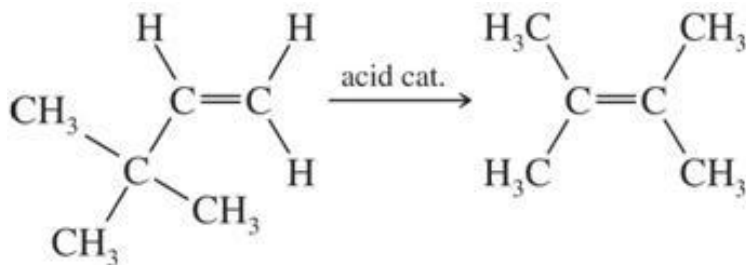
- 제거반응

- 첨가반응의 역반응



- 재배치 반응 (전위반응)

- 분자 구성원의 재조직화



이중결합, 수소 위치 변화
-CH₃(methyl group)의 이동

1. 유기반응과 반응메커니즘

2. 공유결합의 균일 분해와 불균일 분해

- 결합의 균일분해



- 결합의 불균일 분해



2. 산-염기 반응

1 Bronsted-Lowry의 산-염기 반응: 양성자 전달반응

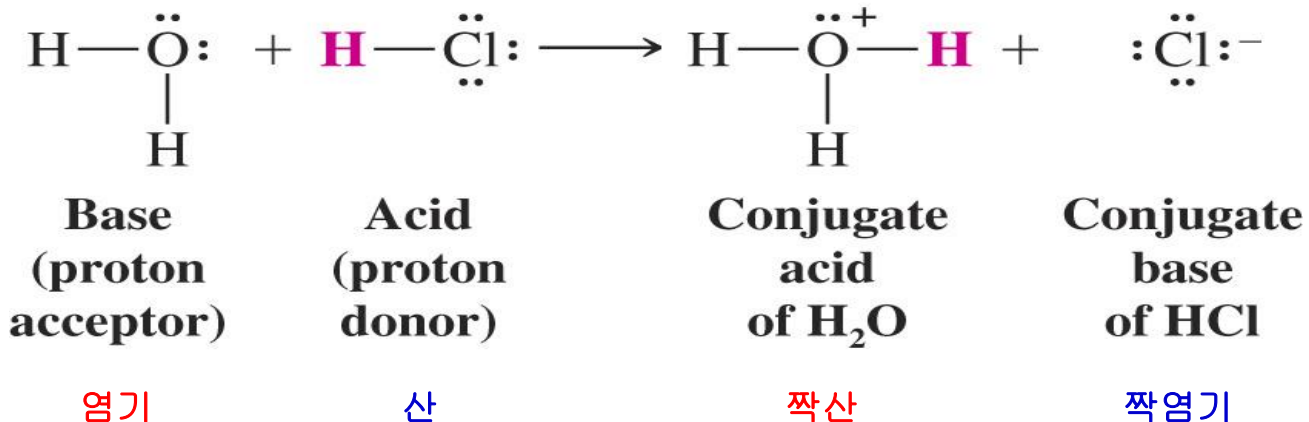
- 산: 양성자(proton) 주개 (잃는 물질)

- 짝염기: 산이 양성자를 잃음으로써 형성되는 분자나 이온

- 염기: 양성자 받개 (받은 물질)

- 짝산: 염기가 양성자를 받아서 된 분자나 이온

예



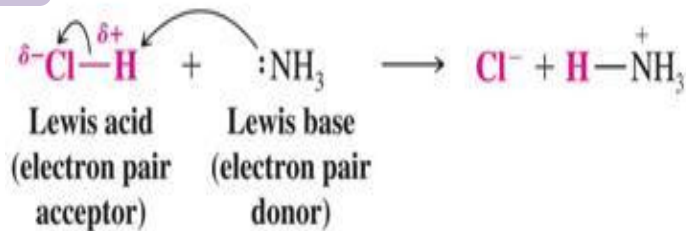
2. 산-염기 반응

② Lewis 산-염기 반응

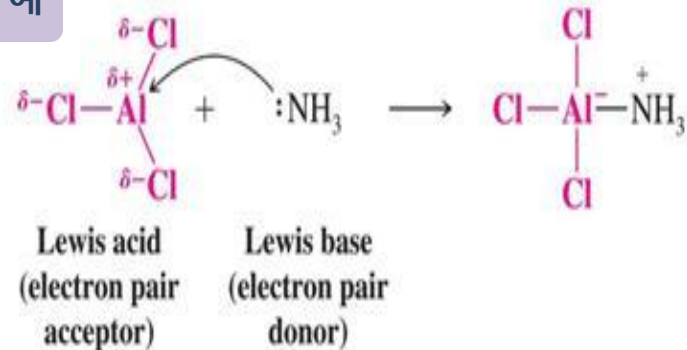
- 양성자를 포함하지 않는 화합물을 포함하는 반응 (포괄적 산-염기 정의)

- Lewis 산: 전자쌍 받는 것
(전자가 모자라는 어떤 원자도 Lewis 산이 될 수 있다).
- Lewis 염기: 전자쌍 주는 것

예



예



2. 산-염기 반응

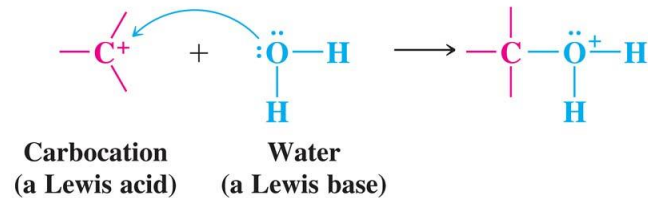
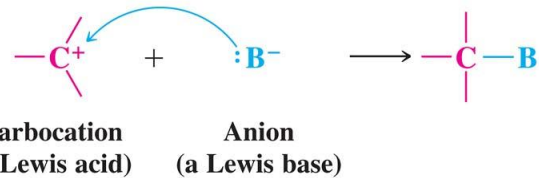
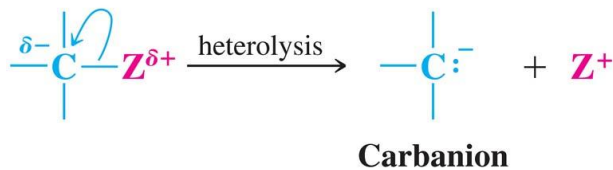
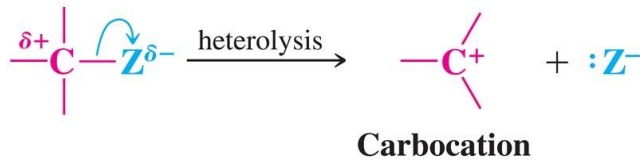
3 탄소결합의 불균일 분해

- 탄소양이온

- 탄소원자에 양전하가 있는 이온 (Lewis 산)

- 탄소음이온

- 탄소원자에 음전하가 있는 이온 (Lewis 염기)



2. 산-염기 반응

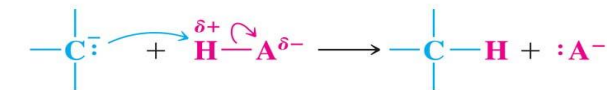
3 탄소결합의 불균일 분해

- 친전자체

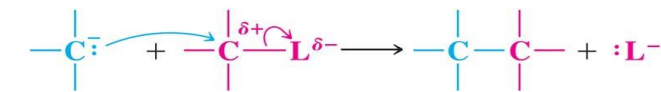
- 반응과정에서 가외의 전자를 추구하여 안정한 원자가 껍질의 전자배치가 되도록 하는 시약

- 친핵체

- 양성자나 다른 양의 중심을 추구하는 시약



Carbanion Lewis acid



Carbanion Lewis acid

반응을 나타낼 때 사용하는 굽은 화살표 의미

공유결합 혹은 전자쌍 (전자밀도가 높은 곳)에서
부터 시작하여 전자가 부족한 곳으로 향함

2. 산-염기 반응

③ 산, 염기의 세기 (K_a 와 pK_a)

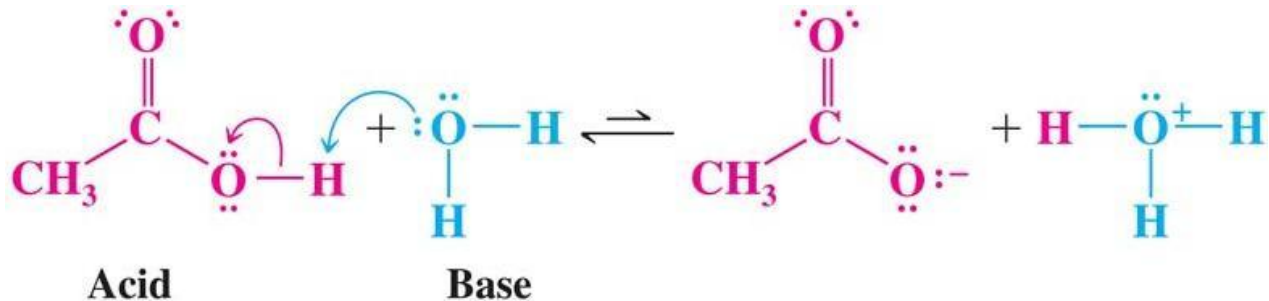
- 산성도 상수 (K_a)

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+][CH_3CO_2^-]}{[CH_3CO_2H][H_2O]}$$

평형상수(K_{eq}) = 생성물 농도 / 반응물 농도
(* 물의 농도: 거의 일정 $\approx 55.5M$)

$$K_a = K_{eq} [H_2O] = \frac{[H_3O^+][CH_3CO_2^-]}{[CH_3CO_2H]}$$

산도상수 (K_a) = 산성도 상수



25°C에서 1%만 이온화

2. 산-염기 반응

4 산도와 pK_a

$$pK_a = -\log K_a \quad (\text{※ 유사점: } pH = -\log [H_3O^+])$$

= 1/산의 세기 즉, pK_a ↑, 약산

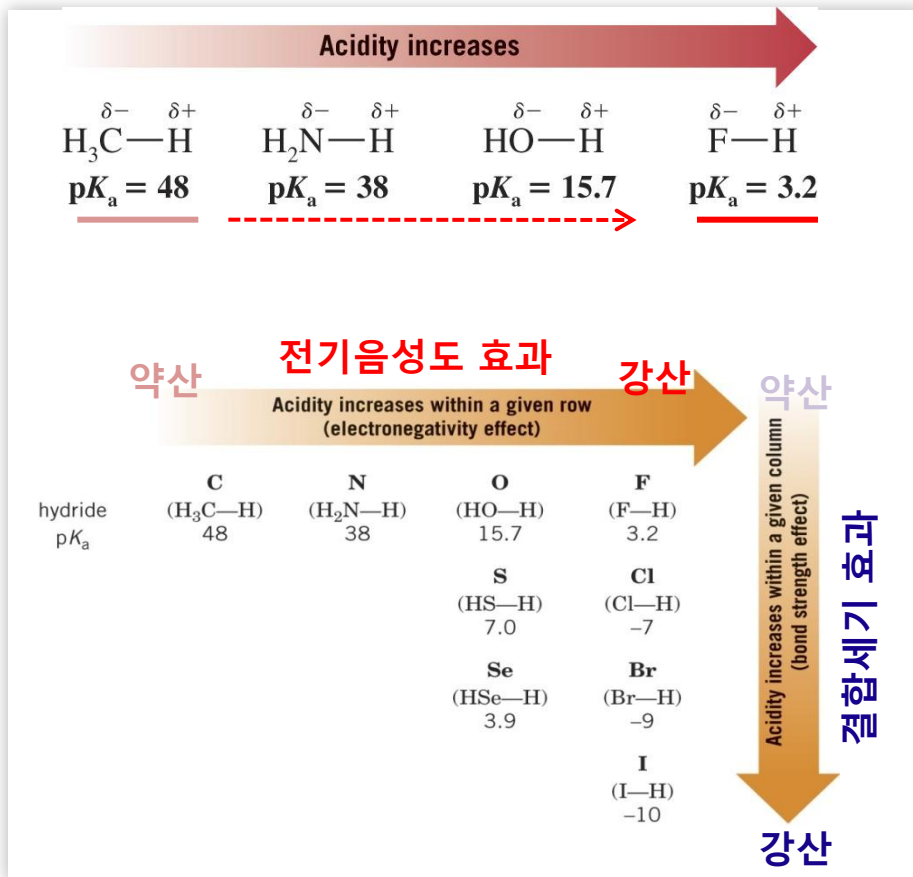
- 산-염기반응: 항상 더 약한 산과 더 약한 염기가 형성되는 쪽으로 진행

	Acid	Approximate pK _a	Conjugate Base	
Strongest acid	HSbF ₆	< -12	SbF ₆ ⁻	Weakest base
	HI	-10	I ⁻	
	H ₂ SO ₄	-9	HSO ₄ ⁻	
	HBr	-9	Br ⁻	
	HCl	-7	Cl ⁻	
	C ₆ H ₅ SO ₃ H	-6.5	C ₆ H ₅ SO ₃ ⁻	
	(CH ₃) ₂ OH ⁺	-3.8	(CH ₃) ₂ O	
	(CH ₃) ₂ C=OH ⁺	-2.9	(CH ₃) ₂ C=O	
	CH ₃ OH ₂ ⁺	-2.5	CH ₃ OH	
	H ₃ O ⁺	-1.74	H ₂ O	
	HNO ₃	-1.4	NO ₃ ⁻	
	CF ₃ CO ₂ H	0.18	CF ₃ CO ₂ ⁻	
	HF	3.2	F ⁻	
	CH ₃ CO ₂ H	4.75	CH ₃ CO ₂ ⁻	
	H ₂ CO ₃	6.35	HCO ₃ ⁻	
	CH ₃ COCH ₂ COCH ₃	9.0	CH ₃ COCH ⁻ COCH ₃	
	NH ₄ ⁺	9.2	NH ₃	
	C ₆ H ₅ OH	9.9	C ₆ H ₅ O ⁻	
	HCO ₃ ⁻	10.2	CO ₃ ²⁻	
	CH ₃ NH ₃ ⁺	10.6	CH ₃ NH ₂	
	H ₂ O	15.7	OH ⁻	
	CH ₃ CH ₂ OH	16	CH ₃ CH ₂ O ⁻	
	(CH ₃) ₃ COH	18	(CH ₃) ₃ CO ⁻	
	CH ₃ COCH ₃	19.2	⁻ CH ₂ COCH ₃	
	HC≡CH	25	HC≡C ⁻	
	H ₂	35	H ⁻	
	NH ₃	38	NH ₂ ⁻	
	CH ₂ =CH ₂	44	CH ₂ =CH ⁻	
Weakest acid	CH ₃ CH ₃	50	CH ₃ CH ₂ ⁻	Strongest base

2. 산-염기 반응

5 구조와 산성도와의 관계

- 산의 세기: 화합물로부터 양성자가 제거되는 정도



전기음성도 클수록 강산(동일 주기)

- : 양성자에 있는 결합극성 효과
- : 양성자가 떨어져 생긴 음이온의 상대적 안정도 효과

원자번호 클수록 강산(동일 족)

- : 점점 커지는 원소궤도함수 사이의 중첩효과가 감소

* 전기음성도

- : e⁻을 핵 방향으로 끌어당기는 정도

2. 산-염기 반응

5) 구조와 산성도와의 관계

- 산의 세기: 화합물로부터 양성자가 제거되는 정도

Acidity increases

δ^- δ^+ $\text{H}_3\text{C}-\text{H}$ $\text{p}K_a = 48$	δ^- δ^+ $\text{H}_2\text{N}-\text{H}$ $\text{p}K_a = 38$	δ^- δ^+ $\text{HO}-\text{H}$ $\text{p}K_a = 15.7$	δ^- δ^+ $\text{F}-\text{H}$ $\text{p}K_a = 3.2$
--	--	---	---

약산 **전기음성도 효과** 강산
 Acidity increases within a given row (electronegativity effect)

hydride	C ($\text{H}_3\text{C}-\text{H}$) 48	N ($\text{H}_2\text{N}-\text{H}$) 38	O ($\text{HO}-\text{H}$) 15.7	F ($\text{F}-\text{H}$) 3.2
			S ($\text{HS}-\text{H}$) 7.0	Cl ($\text{Cl}-\text{H}$) -7
			Se ($\text{HSe}-\text{H}$) 3.9	Br ($\text{Br}-\text{H}$) -9
				I ($\text{I}-\text{H}$) -10

Acidity increases within a given column (bond strength effect)

약산 **결합세기 효과** 강산

3중결합 > 이중결합 > 단일결합

: 혼성 효과

강산

(sp)

약산

(sp²)

(sp³)

s궤도 특성이 많을수록, 음이온이 보다 더 안정

⇒ 강산

유발효과가 있을수록 강산

(예, CH_3-CH_3 vs $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{F}$)

: 전기음성도 차에 의한 C-F와 C-C 극성

⇒ 강산



학습정리

- 산-염기 반응 정의 및 산도상수 정의
- 산-염기 반응 및 특성