

산-염기 반응

§이 만 승

목포대학교 신소재공학과 희유금속연구소

Acid-base Reaction

§Man-Seung Lee

*Department of Advanced Material Science & Engineering, Institute of Rare Metal, Mokpo National University,
Chonnam 534-729, Republic of Korea*

요 약

산-염기반응은 산화-환반응과 함께 수용액에서 일어나는 중요한 반응이다. 산과 염기에 대한 여러 정의 가운데 Lewis 정의가 포괄적이다. 그러나 산과 염기내에서 반응성의 차이를 설명하기 위해 HSAB가 도입되었다. 본 논문에서는 다양한 산-염기의 정의와 반응해석을 설명하였다. 또한 HSAB의 도입배경과 응용을 설명하였다.

주제어 : 산-염기, Lewis정의, HSAB

Abstract

Acid-base reaction together with oxidation-reduction reaction is an important reaction occurring in the aqueous phase. The definition by Lewis on the acid and base is more comprehensive than several definitions. HSAB theory has been introduced to consider the difference in the reactivity among the acids/bases. In this paper, several acid-base reactions were analyzed by applying the definition of acid and base. Moreover, the background of the introduction of HSAB and its application was explained.

Key words : Acid-base, Lewis definition, HSAB

1. 서 론

산-염기반응은 산화-환원반응과 함께 수용액에서 일어나는 중요한 반응중 하나이다. 산과 염기에 대한 정의가 다양하나 가장 통용되는 Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis의 정의를 Table 1에 나타냈다¹⁾. Table 1을 보면 Arrhenius와 Brønsted-Lowry의 산의 정의는

동일하다. 그러나 염기의 경우 Arrhenius의 정의에 의하면 NaOH나 KOH와 같이 수산화이온을 함유한 물질은 염기로 분류되나, 암모니아처럼 수산화이온을 함유하지 않은 물질은 염기로 분류되지 않는다. 암모니아는 물분자로부터 수소이온을 받아 암모늄이온이 되므로 Brønsted-Lowry의 정의에 의해 염기로 분류된다. Lewis의 산-염기 정의는 Brønsted-Lowry보다 포괄적이며, 비

· Received : August 1, 2018 · Revised : August 17, 2018 · Accepted : August 27, 2018

§ Corresponding Author : Man-Seung Lee (E-mail : mslee@mokpo.ac.kr)

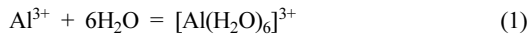
Department of Advanced Materials Science & Engineering, Mokpo National University, 1666 Yeongsan-ro, Cheonggye-myeon, Muan-gun, Chonnam 58554, Korea

© The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Several definitions of acid and base

	Acid	Base
Arrhenius	H ⁺ donor	OH ⁻ donor
Brønsted-Lowry	H ⁺ donor	H ⁺ acceptor
Lewis	lone electron pair acceptor	lone electron pair donor

공유전자쌍의 받개(Acceptor)와 주개(Donor)로 산과 염기를 정의한다. 암모니아에서 질소가 비공유전자쌍을 지니고 있는데 물분자와 반응시 비공유전자쌍을 물분자의 수소에 제공하여 공유결합을 형성하므로 Lewis 정의에 의해 염기로 분류된다. 알루미늄이온과 같이 전하수가 큰 이온은 물분자와 이온-극성 결합에 의해 수화되며 이를 다음에 나타냈다.



상기 수화반응의 경우 Brønsted-Lowry의 정의에 따르면 산-염기반응으로 분류되지 않는다. 물분자의 산소는 두 개의 비공유전자쌍을 가지고 있다. 따라서 알루미늄이온을 수화시킬 때 물분자가 산소의 비공유전자쌍을 제공하므로 Lewis 염기로 분류되며, 알루미늄이온은 Lewis 산으로 분류된다. 즉, 수용액에서 일어나는 대부분의 반응은 Lewis정의에 의해 산-염기반응으로 분류할 수 있다.

Lewis의 산-염기 정의가 Arrhenius와 Brønsted-Lowry의 정의보다 포괄적이지만 산 또는 염기내에서 반응성의 차이를 설명하기 어렵다. Pearson은 세기 또는 굳기(Hardness)라는 개념을 도입하여 산과 염기를 센/무른 산, 센/무른 염기로 분류하여 반응성을 설명하는 HSAB(Hard Soft Acid Base)이론을 도입하였다²⁾.

본 논문에서는 수용액에서 일어나는 산-염기 반응특성을 설명하였다. 또한 HSAB의 도입 배경을 설명하고, HSAB를 적용하여 산과 염기내에서 반응성 차이를 해석하였다. 산소산(옥소산, Oxyanion)에서 분자구조 및 중심원자의 전기음성도가 산의 세기에 미치는 영향을 설명하였다.

2. 산-염기 반응의 특성

수용액에서 금속이온의 반응성은 산-염기 개념을 도입하여 설명할 수 있다. Brønsted-Lowry는 대부분의 산-염기 반응에서 화학종간의 양성자 이동으로부터 산

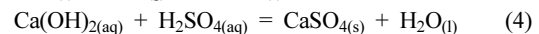
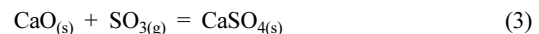
은 양성자를 제공하는 화학종으로(양성자 주개), 염기는 양성자를 받는 화학종(양성자 받개)으로 정의했다. 즉, 염산 해리반응을 예로 들면



상기 반응에서 염산은 물에 양성자인 수소이온을 제공하므로 산으로, 물은 양성자를 받으므로 염기로 분류할 수 있다. 상기의 역반응을 생각하면 H₃O⁺는 염소이온에 양성자를 제공하므로 산으로, 염소이온은 양성자를 받으므로 염기로 작용한다. 즉, 물과 H₃O⁺ 및 염산과 염소이온은 하나의 양성자에 의해 연관되어 있으며, 이러한 물질을 짝산-짝염기 쌍(conjugated acid-base pair)이라 한다. 물과 양성자로 관련된 물질은 H₃O⁺이므로 물은 H₃O⁺의 짝염기이고, H₃O⁺는 물의 짝산이다. 같은 근거로 염소이온의 짝산은 염산이고, 염산의 짝염기는 염소이온이 된다.

염산은 강산으로 분류된다. 매우 진한 염산용액에서는 염산이 전기적으로 중성인 분자로 존재할 수 있지만, 그 이외의 조건에서는 식 (2)반응이 오른쪽으로 완전히 진행된다. 따라서 이러한 조건의 염산용액에는 염소이온과 H₃O⁺만이 존재한다고 생각할 수 있다. 즉, 염소이온은 물에 비해 염기의 세기가 작아 수소이온을 받으려는 경향이 매우 낮다. 불산의 해리상수(Acid dissociation constant)는 7.2×10^{-4} 으로 약산이므로¹⁾ 불산이 해리되어 H₃O⁺와 불소이온으로 존재하는 비율은 매우 낮다. 즉, 불산의 대부분은 전기적으로 중성 분자인 HF로 존재한다. 이러한 현상은 불소이온이 물보다 염기의 세기가 커서 수소이온을 받아 HF로 존재하려는 경향이 크다고 생각할 수 있다.

양성자가 관련된 반응의 경우에는 Brønsted-Lowry의 산-염기 정의에 의해 물질의 분류가 가능하다. 그러나 반응물질이 수소를 포함하지 않는 경우 산-염기반응으로 분류하는 것이 어렵다. 기상에서 CaO표면에 SO₃가 흡착되는 반응에서 양성자가 반응에 직접 참여하지 않으므로 Brønsted-Lowry의 정의를 적용하여 반응물질을 산과 염기로 분류할 수 없다. 한편 CaO와 SO₃가 물에 용해되어 일어나는 반응식을 식 (4)로 나타낼 수 있다.



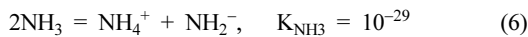
상기 두 반응을 비교하면 동일한 두 개의 반응물(CaO와 SO₃)이 동일한 생성물(CaSO₄)을 생성한다. 그

러나 수용액에서 일어나는 (4) 반응은 산-염기반응으로 분류되므로 기상에서 일어나는 (3) 반응도 본질적으로 산-염기반응으로 간주할 수 있다. 그러나 식 (3)에서는 (4)와 달리 양성자가 직접 반응에 참여하지 않으므로 반응물질을 산과 염기로 분류하기 위해서는 Brønsted-Lowry와 다른 산-염기에 대한 정의가 필요하다. 이와 같은 정의는 G.N. Lewis에 고안되었다. 일반적으로 화학적으로 안정한 분자에 배치된 최외각전자는 공유전자쌍과 비공유전자쌍으로 분류된다. 비공유전자쌍은 공유전자쌍에 비해 에너지가 높으므로 화학반응시 먼저 결합에 참여하려는 경향이 강하다. 따라서 비공유전자쌍을 제공하여 배위공유결합(Coordinate covalent bond)을 형성할 때 비공유전자쌍을 제공하는 물질을 Lewis 염기로, 비공유전자쌍을 받는 물질을 Lewis 산으로 정의한다¹⁾. Lewis정의는 비교적 간단하지만 적용범위가 넓으므로 유기화학반응 설명시 자주 적용된다.

산과 염기로 작용할 수 있는 물질은 양쪽성(Ampho-teric) 성질을 지녔다고 한다. 물은 가장 흔한 양쪽성 물질로 다음의 자체 이온화반응(Autoionization)에 의해 수소이온과 수산화이온을 생성할 수 있다¹⁾.



상기 반응의 평형상수인 물의 해리상수는 25 °C에서 10⁻¹⁴로 매우 작다. 그러나 암모니아의 자체 이온화반응의 평형상수값인 10⁻²⁹와 비교하면 물은 암모니아에 비해 이온화하려는 경향이 매우 강하다³⁾. 수용액과 비수용액에서 산은 용매의 특성 양이온 농도를 증가시키는 화학종으로, 염기는 특성 음이온 농도를 증가시키는 화학종으로 정의될 수 있다³⁾.



수소원자를 포함하는 많은 분자는 산으로 분류된다. 중심원자(X)와 XO_n형태로 결합한 수소원자가 Brønsted-Lowry 산으로 작용하는지의 여부는 X의 전기음성도와 O-H 결합세기에 의존한다. 먼저 중심원자 X의 전기음성도가 작은 경우 X는 전자를 잃고 이온화되어 X⁺OH⁻와 같은 이온결합형태로 존재한다. 따라서 NaOH와 같이 전기음성도가 작은 금속이온이 OH와 결합하면 염기로 작용한다. 반면에 X의 전기음성도가 증가하면 X-O 결합은 공유결합으로 바뀌므로 OH 결합이 약해지면 수소이온이 쉽게 해리되어 산으로 작용한다. Table 2는 할로젠 산소산에서 중심원자의 전기음성도에 따른 산의 세기를 나타낸다¹⁾. 중심원자의 전기음성도에 비례해서

Table 2. Effect of the electronegativity of the X on the acid strength of halogen oxyanion

	Electronegativity of X	K _a
HClO	3.0(Cl)	4×10 ⁻⁸
HBrO	2.8(Br)	2×10 ⁻⁹
HIO	2.5(I)	2×10 ⁻¹¹

Table 3. Structure and acid dissociation constants of chlorine oxyanion

	X(OH) _m O _n	structure	K _a
HClO ₄	m=1, n=3	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{O}-\text{Cl}-\text{O} \\ \\ \text{O} \end{array}$	10 ⁷
HClO ₃	m=1, n=2	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{O}-\text{Cl} \\ \\ \text{O} \end{array}$	1
HClO ₂	m=1, n=1	$\text{H}-\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$	1.2×10 ⁻²
HClO	m=1, n=0	$\text{H}-\text{O}-\text{Cl}$	3.5×10 ⁻⁸

산의 세기가 증가한다.

X-O-H를 포함한 산소산(X(OH)_mO_n)의 세기는 X의 전기음성도와 OH결합에 미치는 산소 효과에 의존한다. 염소 산소산의 종류와 구조 및 해리상수를 Table 3에 나타냈다¹⁾. 염소 산소산의 세기는 HClO < HClO₂ < HClO₃ < HClO₄이다. X(OH)_mO_n에서 염소 산소산의 경우 m이 1로 일정한 상태에서 n값이 0에서 4로 증가함에 따라 산의 세기가 큰 폭으로 증가한다. 산소의 전기음성도(3.5)가 염소(3.0)보다 크므로 염소에 결합된 산소 갯수가 많아질수록 염소의 전자가 산소쪽으로 이동한다. 따라서 염소가 OH로부터 전자를 끌어오려는 경향이 강해지므로 OH결합이 약해지면서 수소이온이 쉽게 해리된다^{3,4)}.

3. HSAB 이론

편극률(Polarizability)은 전기장하에서 원자나 분자의 전자구름 변형의 난이도를 나타내는 척도이다. 즉 전하를 지닌 다른 분자와 반응시 전하의 존재로 인해 반응물질의 전자구름이 잘 변형되면 편극률이 크고, 전자구름이 잘 변형되지 않으면 편극률이 작다. 변형은 물체

의 딱딱함과 관련이 있으므로 편극률이 작아 변형이 잘 일어나지 않으면 센 물체로, 편극률이 큰 경우 변형이 쉽게 일어나므로 무른 물체로 분류한다. 무극성분자의 결합은 반데르발스힘에 의존하며 반데르발스힘은 편극률에 비례한다. 따라서 편극률은 두 분자사이의 결합에 영향을 미친다²⁾.

주기율표에서 크기가 작고 전하수가 높아 전하밀도가 큰 금속이온은 편극률이 작으므로 센 물체로 분류되며 일반적으로 비공유전자쌍이 없다²⁾. 반면 크기가 크고 전하수가 작아 전하밀도가 낮은 금속이온은 무른 물체로 분류되며 비공유전자쌍을 지니고 있다²⁾. 할로젠이온 중 불소이온이 가장 작으며 전기음성도가 크므로 편극률 측면에서 센 물체로 분류된다.

Lewis 산과 염기내에서 반응성 경향의 차이로부터 Pearson은 센(Hard) 및 무른(Soft) 산-염기로 분류하였다²⁾. 금속이온과 할로젠이온의 착물형성상수를 비교한 결과 그 값의 서열에 따라 금속양이온을 두 그룹(1, 2)으로 분류할 수 있다²⁾.

그룹 1 : $I^- < Br^- < Cl^- < F^-$

그룹 2 : $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$

1 그룹에 속한 금속양이온은 할로젠 이온중 불소이온과 착물을 형성하려는 경향이 가장 강하며, 2그룹의 경우에는 아이오딘이온과 착물을 형성하려는 경향이 가장 강하다. 편극률 측면에서 불소이온은 센 물체로 분류되고 또한 비공유전자쌍이 있으므로 금속양이온과 배위공유결합 형성시 염기로 작용한다. 아이오딘이온도 비공유전자쌍을 지니고 있으므로 염기로 작용하나 불소보다 편극률이 크므로 무른 염기로 분류된다. 따라서 1그룹과 같이 센 염기와 반응성이 강한 금속양이온은 센 산으로, 2 그룹에 속한 금속양이온은 무른 염기와 반응성이 강하며 무른 산으로 분류한다.

센 산은 센 염기와 반응성이 큰 반면, 무른 산은 무른 염기와 반응성이 강하다. 센 물질은 전하밀도가 크므로 센 산과 센 염기의 반응은 쿨롱의 정전기적 인력이 작용하는 이온성결합으로 생각할 수 있다. 반면 무른 산과 무른 염기의 반응은 공유결합성이다. 센/무른 산 및 센/무른 염기의 분류와 특성을 Tables 4, 5, 6에 나타냈다²⁾.

분자나 이온을 센/무른 산과 센/무른 염기로 분류하면 광석의 존재형태를 설명할 수 있다. 즉 센 산은 산소와의 친화력으로 인해 지하에서 산화물로 존재한다. 반면 무른 산은 무른 염기인 S^{2-} , Se^{2-} , Te^{2-} 의 형태로

Table 4. Classification of Lewis acids

	Acids
Hard	$H^+, Li^+, Na^+, K^+, Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Sn^{2+}, Al^{3+}, Se^{3+}, Ga^{3+}, In^{3+}, La^{3+}, Cr^{3+}, Co^{3+}, Fe^{3+}, As^{3+}, Ir^{3+}, Si^{4+}, Ti^{4+}, Zr^{4+}, Hf^{4+}, Th^{4+}, Pu^{4+}, VO^{2+}, UO^{2+}$
Intermediate	$Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}$
Soft	$Cu^+, Ag^+, Au^+, Tl^+, Hg^+, Cs^+, Cd^{2+}, Pd^{2+}, Pt^{2+}, Hg^{2+}, Tl^{3+}$

Table 5. Classification of Lewis bases

	Bases
Hard	$NH_3, H_2O, OH^-, F^-, CH_3COO^-, Cl^-, ClO_4^-, NO_3^-, O^{2-}, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, ROH, RO^-, R_2O, RNH_2, N_2H_4$
Intermediate	$N_2, N_3^-, Br^-, NO_2^-, SO_3^{2-}$
Soft	$R_2S, RSH, RS^-, I^-, CN^-, SCN^-, CO, S^{2-}, Te^{2-}, S_2O_3^{2-}$

Table 6. Characteristics of hard and soft acids/bases

Hard acid/base	Soft acid/base
Small atomic/ionic radius	Large atomic/ionic radius
High oxidation state	Low or zero oxidation state
Low polarizability	High polarizability
High electronegativity	low electronegativity

존재한다⁵⁾. 금의 특성중 하나는 Au_2Te 는 매우 안정하고 금황화물도 알려져 있지만 산소와는 안정한 착물을 형성하지 않는다는 점이다⁵⁾. Table 4와 5를 보면 금이온은 무른 산이므로 무른 염기와 반응하려는 경향이 강하다. 따라서 무른 염기인 텔루라이드이온과는 강한 결합을 하지만 굳은 염기인 산과는 반응하려는 경향이 작다. 이와 같이 HSAB는 화학반응의 방향성을 예측하고 반응조건을 설정하는데 도움이 된다. 그러나 단순한 HSAB만으로 반응의 방향성을 예측하기보다는 화학반응에 영향을 미치는 제 인자들을 고려하면서 적용해야 한다.

Table 6을 보면 전기음성도가 큰 물질은 센 산과 염기로 분류된다. Mulliken에 의하면 원자의 전기음성도는 원자로부터 전자를 제거하는 데 필요한 이온화에너지와 원자가 전자를 받으려는 전자친화도와 관계된다²⁾. 이온화에너지는 최고 점유 분자궤도(Highest occupied

Table 7. Standard enthalpy change for the formation of binary metal oxides and sulfides

(Unit : kcal/mol)

	Mg	Ca	Ni	Zn	Pb	Cu	Cd	Hg
ΔH_{MO}°	-239	-254	-219	-174	-158	-178	-148	-96
ΔH_{MS}°	185	-222	-189	-147	-137	-160	-132	-95
$\Delta H_{MO}^{\circ} - \Delta H_{MS}^{\circ}$	-54	-32	-30	-27	-21	-18	-16	-1

molecular orbital, HOMO)와 전자친화도는 최저 비점 유 분자궤도(Lowest unoccupied molecular orbital, LUMO)와 관련이 있다^{3,4)}. 전기음성도가 큰 물질은 이온화에너지에 비해 전자친화도가 더욱 크므로 LUMO와 HOMO의 에너지 차이가 크다. 반면 전기음성도가 작은 물질은 LUMO와 HOMO의 에너지 차이가 작다. LUMO와 HOMO의 에너지 차이가 큰 경우에는 전자가 재배치되기 어려우므로 편극률이 작고 반응성이 낮다. 따라서 이러한 에너지 차이를 갖는 물질은 센 물질로 분류되므로 전기음성도가 큰 물질이 센 물질이 된다.

기체 상태의 2가 금속이 기체상태의 산소 및 황과 반응하여 고체상태의 산화물과 황화물을 형성하는 반응의 엔탈피변화값을 Table 7에 나타냈다²⁾.

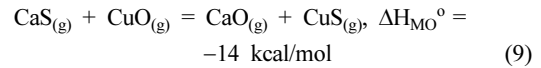


Table 7로부터 금속황화물보다 금속산화물이 형성될 때 더 많은 열이 발생하므로 수은을 제외한 다른 금속의 경우 금속산화물이 금속황화물보다 안정하다. 이러한 이유로 수은의 경우 황화물형태로 자연 상태에서 존재한다.

Drago와 Wayland는 $A_{(g)} + B_{(g)} = AB_{(g)}$ 반응의 엔탈피 변화를 다음과 같이 나타낼 수 있다고 제안했다²⁾.

$$-\Delta H^{\circ} = E_A E_B + C_A C_B \quad (8)$$

상기 식에서 E는 이온결합성 인자를, C는 공유결합성인자를 나타낸다. HSAB에 의하면 센 물질은 이온결합을, 무른 물질은 공유결합을 형성하려는 경향이 강하다. 따라서 E는 물질의 세기(hardness)를, C는 물질의 무른 정도(softness)와 관계된다. Drago와 Wayland는 여러 화학종의 (7) 반응에 대한 엔탈피 자료로부터 반응물의 E와 C값을 구했다. 식 (8)을 이용하면 열역학자료가 없는 반응의 엔탈피변화를 추정할 수 있을 뿐 아니라 치환반응이나 교환반응을 예측할 수 있다. 기체상에서 CaS와 CuO간의 교환반응에 대한 엔탈피변화를 Table 7 자료로부터 구할 수 있다.



즉 상기 교환반응의 엔탈피변화가 음이므로 CaS와 CuO로 존재하는 것 보다는 CaO와 CuS로 존재하는 것이 더욱 안정하다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 반응성은 HSAB로 설명이 가능하다. Table 5에 의하면 Ca 이온은 센 산이고 구리이온은 중간 산이다. 산소와 황이온의 세기는 표에 없지만 산소이온이 황이온보다 작으므로 염기도가 세다. 따라서 센 산인 칼슘이온은 센 염기인 산소이온과 결합하여 산화물로, 무른 산 구리이온은 무른 염기인 황이온과 결합하여 황화물로 존재하는 것이 안정하다.

금속이 수용액에서 리간드와 착물을 형성하는 경우 리간드중에서 금속이온과 직접적으로 결합하는 원자를 donor라 한다⁴⁾. 따라서 금속과 리간드간에 형성되는 착물의 특성은 donor에 의해 결정된다. 센 금속은 센 donor를 가진 리간드와 결합하려는 경향이 강하고, 무른 금속은 무른 donor를 지닌 리간드와 결합하려는 경향이 강하다. 한편 중간 산으로 분류되는 금속은 특별한 반응성을 보이지 않는다. 다원자 음이온은 세기가 서로 다른 두개 이상의 전자 주개를 지니고 있다. SCN⁻이온에서 N이 S보다 더 세다. 따라서 SCN⁻이 센산과 결합하는 경우에는 N이, 무른산과 결합하는 경우에는 무른 염기인 S와 결합한다²⁾.

4. 결 론

수용액에서 금속이온이 참여하는 반응의 대부분은 산-염기반응이다. Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis의 산-염기 정의 가운데 Lewis의 정의가 가장 포괄적이고 수용액뿐 아니라 기상에서 일어나는 반응에 대해 적용하는 것이 가능하다. 금속양이온과 할로젠이온사이에 착물을 형성하려는 경향에 차이가 있는 점으로부터 센/무른 산/염기 개념(HSAB)이 도입되었다. 특히 HSAB는

Lewis의 산-염기 개념으로 설명이 어려운 여러 반응에 대한 설명을 가능케 하였다. HSAB는 수용액에서 이온의 분리 및 탈거제의 선정에 유용하게 이용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단에서 지원하는 개인연구지원사업(NRF-2018R1D1A1B07044951)으로부터 연구비를 지원받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Zumdahl, S. S. and Zumdahl, S. S., 2014 : Chemsitry, Cengage Learning, UK.
2. Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., and

- Armstrong, F., 2010 : Inorganic chemistry, Oxford, UK.
3. Nivaldo, J. Tro., 2015 : Chemistry Structure and Properties, Pearson, NY.
4. Oxtoby, D. W., Gillis, H. P., and Campion, A., 2012 : Principles of modern chemistry, Brooks/Cole, UK.
5. Habashi, F., 1999 : Textbook of Hydrometallurgy, Metallurgie Extracive Québec, Canada..

이 만 승

- 현재 목포대학교 신소재공학과 교수
 - 당 학회지 제11권 1호 참조
-

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外의 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 揭載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.