

## Acrylic Acid의 반응추출에 미치는 용매의 영향

이 상 훈 · 신 정 호  
부산대학교 화학공학과  
(1998년 7월 29일 접수)

### Effect of Solvents on Reactive Extraction of Acrylic Acid

Sang-Hoon Lee and Jeong-Ho Shin  
Dept. of Chem. Eng., Pusan National university  
(Manuscript received 29 July 1998)

In physical and reactive extraction of acrylic acid using various solvents the equilibrium characteristics of extraction were investigated.

The degree of extraction in reactive extraction with Tri-n-octylamine(TOA) was 1.5~3 times than that in physical extraction. Distribution ratio was constant in methyl isobutyl ketone(MIBK) and n-butylacetate(n-BAC) but was increased with increasing the concentration of acrylic acid in benzene and chloroform. It can be explained by formation of dimers.

Maximum extraction loadings of acrylic acid were three in benzene and were two in MIBK, chloroform and n-BAC, and it was found that acrylic acid was extracted as the form of  $A_3R$  in benzene and  $A_2R$  in MIBK, chloroform and n-BAC. In effect of solvent, the degree of extraction was increased as the difference of solubility parameter of solvent and solute was decreased, and as dielectric constant of solvent was increased.

Key words : extraction, extraction loadings, solubility parameter, dielectric constant

#### 1. 서 론

서로 섞이지 않는 두 액상 간의 이동 현상을 이용하여 목적 성분을 분리 회수하는 반응추출은 수용액상의 특정 성분을 계면에서 이동 반응하는 추출제를 사용하여 분리하는 화학공정으로 추출도가 높고 추출 속도도 매우 빠른 특징이 있다. 따라서 반응 추출은 폐자원으로부터의 유용 성분의 분리 회수, 광물 습식 제련, 핵연료의 분리 정제 및 산업 폐수의 정화 처리 공정 등 여러 목적으로 널리 응용되고 있다.

반응 추출에 있어서 수용액상에 공존하는 여러 성분 중 특정 성분만 선택적 추출(selective extraction)을 하기 위해서는 추출제의 선택 이외에도 용매의 선택 또한 중요하다.

추출에서 용매는 목적 성분(용질)과 추출제 간에 화학 반응을 원활하게 하기 위해서 사용하는 용제로서, 생성물(복합체)의 용해도가 적어 반응이 진행되면서 생성물이 반응계 밖으로 제거되는 효과 때문에 반응을 촉진시킨다. 이 때문에 추출에서 용매의 선택은 매우 중요하다고 할 수 있다. 최적 공정 설계를 하기 위해서는 선택도(selectivity), 용량(capacity), 독성 및 용제의 회수 등과 같은 특성 및 유점, 비점, 증기압, 굴절율, 밀도, 전기전도도, 점도, 열용량, 증발잠열, 쌍극자 능률 및 유전상수 등 물리적 특성이 검토되어야 한다(Kiezyk과 Mackay,

1973; Tamada et al., 1990).

분자량이 큰 아민에 의한 금속이온이나 무기산의 추출에 관한 연구는 오래 전부터 행해져 왔고 현재도 핵연료의 처리나 화학공정에 널리 응용되고 있다(Kertes, 1965). 최근들어 초산 등 유기산의 추출에 관한 연구(Tamada et al., 1990)가 진행되고 있으나 화학공업의 주요 원료 중의 하나인 acrylic acid의 추출에 대한 체계적인 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 3급 아민인 tri-n-octylamine(TOA)을 사용한 acrylic acid의 반응 추출에서 적합한 용매 선택과 추출 공정의 설계에 필요한 기초 자료를 마련하기 위해 용매로는 용해도 인자(solubility parameter)와 유전상수(dielectric constant)가 각기 다른 methyl isobutyl ketone(MIBK), n-butylacetate(n-BAC), chloroform 및 benzene을 사용하여 용매가 추출도와 추출부하에 미치는 영향을 고찰하고 물리 추출과 비교 검토하여 추출 평형 특성을 검토하고 추출 기구를 구명하고자 한다.

#### 2. 이 론

##### 2.1 산의 추출평형

유기산의 분배평형을 다음과 같이 가정할 수 있다.

1) 유기상 - 수상의 분배평형

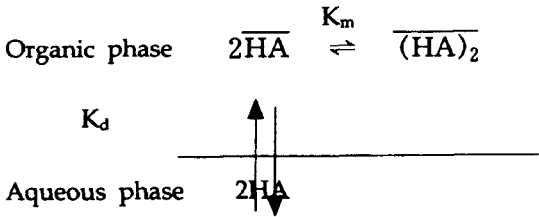
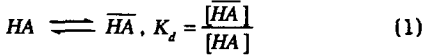
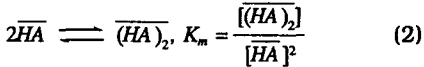


Fig. 1. Extraction scheme of organic acid.



2) 유기상에서 이량화의 화학평형



여기서 HA는 유기산을,  $K_d$ 와  $K_m$ 은 각각 유기산의 분배계수와 이량화정수를 나타내며 상첨자 — 는 유기상을 표시한다.

유기상중의 유기산의 총농도는  $\overline{C}_A^T$ 로 표시하면

$$\overline{C}_A^T = \overline{C}_{HA} + 2\overline{C}_{(HA)_2} \quad (3)$$

식(1)에서  $\overline{C}_{HA} = K_d C_{HA}$ , (2)에서의 관계로

$$\overline{C}_{(HA)_2} = K_m \overline{C}_{HA}^2 = K_m K_d^2 C_{HA}^2 \quad (4)$$

식(4)를 (3)에 대입하면 다음과 같이 된다.

$$\overline{C}_A^T = K_d C_{HA} + 2K_m K_d^2 C_{HA}^2$$

$$\text{or } \frac{\overline{C}_A^T}{C_{HA}} = K_d + 2K_m K_d^2 C_{HA} \quad (5)$$

식(5)로부터 이량화 반응이 일어나면 분배계수 (즉  $\overline{C}_A^T$ 와  $C_{HA}$ 의 비)가 일정하지 않음을 알 수 있다.

식 (5)에서 기울기와 절편으로부터  $K_d$ 와  $K_m$ 을 구할 수 있다.

( $K_d$ : 무차원,  $K_m$ : l/mol)

용질의 이량화 경향이 강하여  $K_m$ 이 매우 큰 경우는 다음과 같이 생각할 수 있다.

$$2K_m K_d^2 C_{HA} \gg K_d$$

따라서 식(5)는 다음과 같이 된다.

$$\frac{\overline{C}_A^T}{C_{HA}} = 2K_m K_d^2 \quad (6)$$

### 2.2 용해도 인자와 유전상수

적절한 용매를 선택하기 위하여 경험적인 방법과 열역학적인 방법으로 대별할 수 있고, 경험적인 선택은 실제적 관찰과 많은 시스템의 평가가 필요하고, 열역학적 평가는 상평형 관계에서 고려될 수 있다.

선택도와 용량 등을 고려할 때 이들 개념은 용매중 용질이 무한 희석시 선택계수 즉, 활동도 계수를 예측할 수 있어야 한다. 추출에서 활동도계수는 용매의 유전상수, 유기개념도 및 용매화 인자 등에 의하여 용매를 나타낼 수 있지만 유전상수는 용매중의 분자사이의 미시적 상호작용을 이해하는데 불충분하기 때문에 최근에는 용해도 인자가 널리 이용되고 있다(Lambourne, 1987).

용해도인자는 Hildebrand와 Scott(1962)에 의하여 제안된 것으로 내부응집에너지밀도(cohesive energy density, CED)로 용질의 용해 정도를 나타내고 다. 즉, 용해도인자는 용매 분자 사이에 용질 분자가 입하여 적당한 크기의 공동(cavity)을 만드는데 필요 에너지의 척도로서 용매분자간의 상호작용이 클수록 용해도인자도 커지게 된다.

Hildebrand와 Scott 그리고 Scatchard는 다음 관계를 제안하였다.

$$\frac{\Delta H_m}{V} = (\delta_1 - \delta_2)^2 \varphi_1 \varphi_2 \quad (7)$$

일반적으로  $(\delta_1 - \delta_2)^2$ 항이 작을수록  $\Delta H_m$ 이 작아지기 때에 잘 혼합된다고 할 수 있다. 용질의 용해도 인자가 매의 용해도 인자와 거의 같을 경우 용해열은 작게 되. 용질은 잘 용해된다 (Barton, 1983; Lambourn 1987).

한편 극성계에서 용해도인자를 세분화하여, 분산인: (dispersion parameter,  $\delta_D$ ), 수소결합인자(hydroge bond parameter,  $\delta_H$ ) 및 극성인자(polar paramete  $\delta_P$ )로 구분하여 설명한 용해도 인자가 가장 많이 이용되고 있다(Hampe, 1985; Barton, 1983; Lo et al 1983).

Prausnitz(1969)는 총괄 용해도인자(overall sol- t bility parameter,  $\delta_o$ )를 아래와 같이 3개의 인자로 정: 하였다.

$$\delta_o^2 = \delta_D^2 + \delta_H^2 + \delta_P^2 \quad (8)$$

Hildebrand와 Scott의 정규용액 이론에 Flory-Hug gins의 부피에 대한 인자를 고려하면 유기상과 수용: 상에서 용질의 활동도 계수(a)를 다음과 같이 나타낼 < 있다(Hildebrand와 Scott, 1962).

$$\ln \overline{a}_A = \ln \overline{x}_A + V_A \phi^2 (\delta_A - \delta)^2 / RT \quad (9)$$

$$\ln a_A = \ln x_A + V_A \phi^2 (\delta_A - \delta)^2 / RT \quad (10)$$

두 상간에 평형이 성립된다면 두 상에서 활동도는 같 다.

$$\overline{a}_A = a_A \quad (11)$$

그리고  $\phi^2$ 와  $\phi^2$ 는 거의 1에 가깝기 때문에, 물리추출어 서 분배계수(KA)는 다음과 같다 (Lo et al., 1983).

$$\ln K_A = \ln \left( \frac{\overline{x}_A}{x_A} \right) = \frac{V_A}{RT} [(\delta - \delta_A)^2 - (\overline{\delta} - \delta_A)^2] \quad (12)$$

반응추출에서 복합체(complex)의 분배계수는 다음의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln K_{comp} = \frac{V_{comp}}{RT} [(\delta - \delta_{comp})^2 - (\overline{\delta} - \delta_{comp})^2] \quad (13)$$

식(12)와 (13)에서 알 수 있는 바와 같이 용질(또는 복 합체)과 유기용매 사이의 용해도인자 차이는 가능하면 작아야하고 수용액과 용질(또는 복합체) 사이의 용해도 인자의 차이가 상대적으로 클수록 분배계수가 커지는 것을 알 수 있다.

### 2.3 추출부하

추출계의 추출부하(extraction loading) Z를 다음과

같이 추출제 1mol당 추출된 추출질의 mol수로 정의한다.

$$Z = \frac{\bar{C}_A}{C_{Ro}} = \frac{(C_{Ao} - C_A)}{C_{Ro}} \quad (14)$$

추출되는 화학종이 AR형이면 추출반응 평형을 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$A + \bar{R} = \bar{AR} \quad (15)$$

$$K_{11} = \frac{\bar{C}_{AR}}{C_A \cdot \bar{C}_R} \quad (16)$$

물질수지로부터  $\bar{C}_{AR} = C_{Ao} - C_A$ ,  $\bar{C}_R = \bar{C}_{Ro} - \bar{C}_{AR} = \bar{C}_{Ro} - (C_{Ao} - C_A)$ 이므로 식 (16)은 다음과 같이 된다.

$$K_{11} = \frac{C_{Ao} - C_A}{C_A(\bar{C}_{Ro} - C_{Ao} + C_A)} \quad (17)$$

유기상으로 추출되는 화학종이 A<sub>2</sub>R형일 때 추출반응 평형으로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$2A + \bar{R} = \bar{A}_2R \quad (18)$$

$$K_{21} = \frac{\bar{C}_{A_2R}}{C_A^2 \bar{C}_R} \quad (19)$$

물질수지로부터  $\bar{C}_{A_2R} = \frac{1}{2}(C_{Ao} - C_A)$ ,  $\bar{C}_R = \bar{C}_{Ro} - \bar{C}_{A_2R} = \bar{C}_{Ro} - \frac{1}{2}C_{Ao} + \frac{1}{2}C_A$ 의 관계가 성립하므로 식 (19)는 다음과 같이 된다.

$$K_{21} = \frac{\frac{1}{2}(C_{Ao} - C_A)}{C_A^2 \left( \bar{C}_{Ro} - \frac{1}{2}C_{Ao} + \frac{1}{2}C_A \right)} \quad (20)$$

유기상으로 추출되는 화학종이 A<sub>3</sub>R형일 때 추출반응 평형으로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$3A + \bar{R} = \bar{A}_3R \quad (21)$$

$$K_{31} = \frac{\bar{C}_{A_3R}}{C_A^3 \bar{C}_R} \quad (22)$$

물질수지로부터  $\bar{C}_{A_3R} = \frac{1}{3}(C_{Ao} - C_A)$ ,  $\bar{C}_R = \bar{C}_{Ro} - \bar{C}_{A_3R} = \bar{C}_{Ro} - \frac{1}{3}C_{Ao} + \frac{1}{3}C_A$ 의 관계가 성립하므로 식 (22)는 다음과 같이 된다.

$$K_{31} = \frac{\frac{1}{3}(C_{Ao} - C_A)}{C_A^3 \left( \bar{C}_{Ro} - \frac{1}{3}C_{Ao} + \frac{1}{3}C_A \right)} \quad (23)$$

### 3. 실험

#### 3.1 시약 및 장치

본 연구에 사용된 산으로는 유기산인 acrylic acid (CH<sub>2</sub>CHCOOH)를 사용하였고, 추출제로는 3급아민인 TOA(tri-n-octylamine)를 사용하였다. 용매는 유전 상수와 용해도 인자를 충분히 고려하여 유전상수(ε)와 용해도인자(δ)가 각각 다른 MIBK(ε=13.1, δ=8.6), n-BAC(ε=5.0, δ=8.5), chloroform(ε=4.8, δ=9.3) 및 benzene

(ε=2.3, δ=9.2)를 사용하였다.

추출은 항온조(ADVANTEC LS-306)를 이용하여 25±1℃에서 실행되었고, 본 실험에 사용할 수상의 산의 농도는 전위차 적정(potentiometric titration)과 pH 측정기(METTLER DELTA 340)를 사용하여 산의 농도를 측정하였다. 두 상의 산세기는 평형에서 결정되었고 수상의 pH가 측정되었다.

유기상의 산세기는 초기 수상의 산도와 평형에서 수상의 산도의 차이를 계산함으로써 얻어졌다. 실험적 자료는 ±2%이내에서 일치했으며, 보고된 결과는 적어도 두 결과 이상의 평균값으로 나타내었다.

산의 농도가 비교적 높은 농도에서 관찰된 부피의 변화가 고려되어졌고 평형 후 두 상은 원심분리(BRUSHLESS D.C. MOTOR CENTRIFUGE VS-5500)에 의해 다시 한 번 완전 분리시켰다.

#### 3.2 추출 평형 실험

먼저 추출 평형에 도달하는 데 필요한 시간을 구하기 위하여 농도 1 × 10<sup>-1</sup> mol/l의 acrylic acid 50ml와 유기용매 benzene 50ml를 접촉시켜 온도 25℃에서 자석 교반기로 맹렬히 교반하여 추출하였다.

추출에 따른 수상과 유기상의 산의 농도 변화를 측정 한 결과로부터 추출 시간 30분 정도에서 수상의 산의 농도가 거의 일정해지는 것으로 보아 평형에 도달함을 알 수 있었다. 따라서 추출 평형 실험에서는 평형에 충분히 도달할 수 있도록 하기 위하여 교반시간을 2시간으로 하였다.

#### 3.3 유기산의 분배 및 이량화

두 상간 접촉에 따른 추출제가 유기상에서 수상으로 분배될 때 식(1)로 정의된 추출제의 분배계수와 식(2)에 정의된 유기상에서의 추출제 이량화 여부를 알기 위해 다음과 같은 실험을 행하였다.

추출제 농도가 일정한 유기상 50ml를 pH가 다른 증류수 50ml와 접촉시켜 2시간 동안 맹렬히 교반시킨 후 평형에 도달하면 원심분리기로 두상을 분리하여 수상을 취하여 반응후의 pH를 측정하고, 전위차적정법으로 수상 중의 산의 농도를 측정하여 유기상으로 옮겨간 산의 농도인  $\frac{[HA]}{[HA]}$ 를 구하였다.

이들 값을 식(5)에 대입하여  $\frac{[HA]}{[HA]}$  대 [HA]를 도시하면 직선을 만족하고 그 직선의 절편으로부터 분배계수가, 기울기로부터 이량화 평형상수가 결정된다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1 물리추출과 분배계수

acrylic acid의 상간 분배계수를 결정하기 위하여 추출제가 없는 순수한 유기용매만을 이용한 물리추출 실험을 행하였다. acrylic acid는 약산으로 acrylic acid 이온은 수용액에서만 존재할 수 있고 해리되지 않는 acrylic acid 분자만이 유기상으로 이동한다.(Ritcey와 Ashbrook, 1984)

그러므로 추출제가 없는 순수한 물리적 추출에서 분

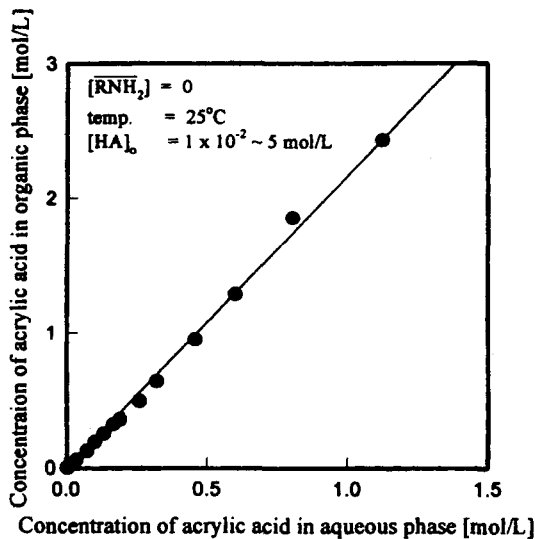


Fig. 2. Distribution of acrylic acid between n-butyl acetate and water.

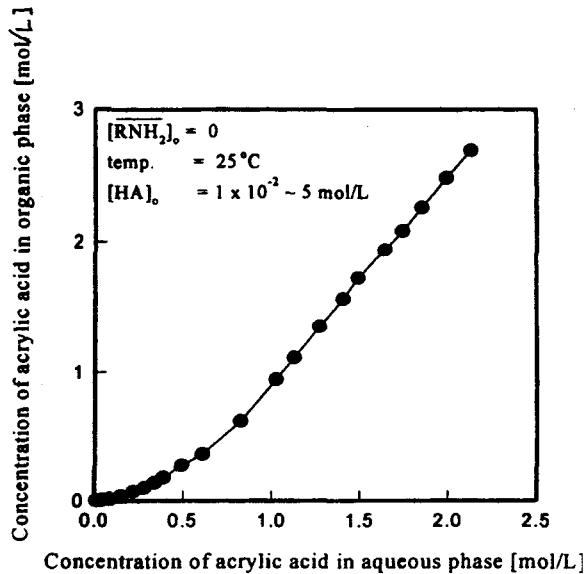


Fig. 4. Distribution of acrylic acid between chloroform and water.

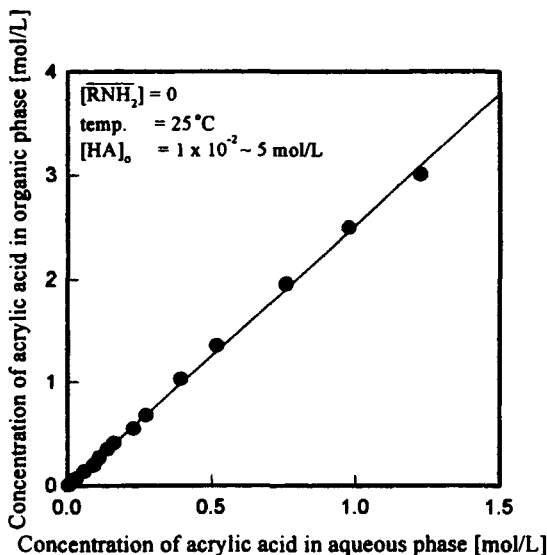


Fig. 3. Distribution of acrylic acid between MIBK and water.

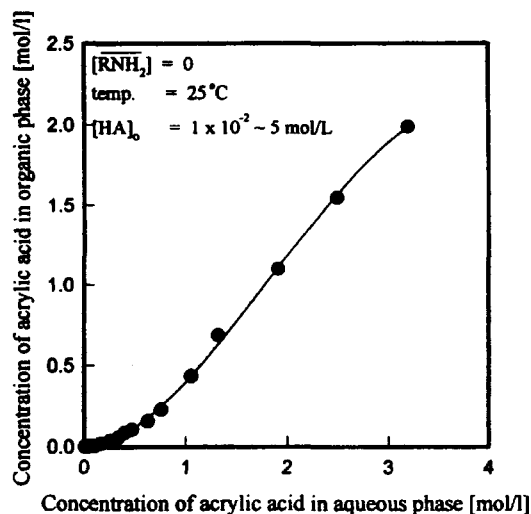


Fig. 5. Distribution of acrylic acid between benzene and water.

배계수  $K_d$ 는 유기상에서 acrylic acid의 농도와 수용액 상에서의 acrylic acid의 농도와 이온상태로 해리된 acrylic acid의 농도의 합을 비로서 Nernst의 분배율에 따라 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$K_d = \frac{\overline{C}_{HA}}{C_{HA} + C_{A^{\ominus}}}$$

즉 Fig.2~5는 각기 다른 네가지 용매하에서 산의 분배계수  $K_d$ 값을 나타내기 위한 물리추출 실험의 결과이다. Fig.2와 3은 n-BAc와 MIBK 용매하에서 Nernst의 분배율과 잘 일치함을 보인다. 그러나 Fig.4와 5는 chloroform과 benzene 용매하에서 분배계수는 일정하지 않고 2차 곡선을 나타내며 Nernst의 분배율에 어긋

난다. 이는 식(5)에 나타나는 바와 같이 무극성용매 중에서 유기산의 다량화 반응으로 설명할 수 있다.

따라서 Fig.6과 7에서는 Nernst의 법칙에 이탈하는 두용매에서의 식(5)의 관계를 그림으로 나타내었다. 그림에서  $C_{HA}$ 과  $\overline{C}_A^T/C_{HA}$ 를 도시하면 직선이 성립되고 그 직선의 절편으로부터 추출제의 분배계수( $K_d$ )를, 또 그 기울기로부터 이량화 정수( $K_m$ )를 구할 수 있다.

#### 4.2 용매와 추출부하

반응추출에서 반응에 대한 추출부하(Extraction loading)를 구하기 위하여 추출제로 3급아민 TOA 농도를 일정하게 하고 수용액상의 acrylic acid의 농도를 달리하여 25°C에서 유전상수와 용해도인자가 각기 다른

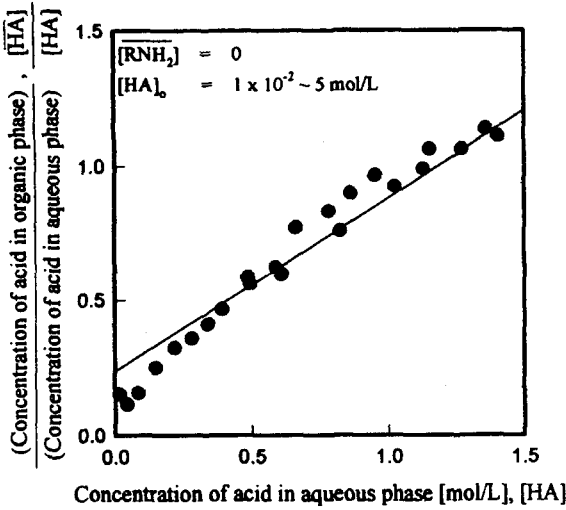


Fig. 6. Relationship between equilibrium concentration of acrylic acid in extraction by chloroform.

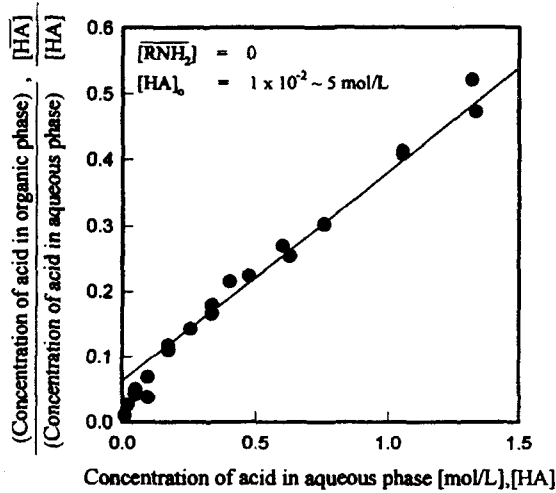


Fig. 7. Relationship between equilibrium concentration of acrylic acid in extraction by benzene.

Table 1. Physical constants of solute and organic solvent

	$\delta_D$	$\delta_H$	$\delta_P$	$\delta_o$	$\epsilon$
Benzene	9.0	1.0	0.5	9.2	2.3
Chloroform	8.7	2.8	1.5	9.3	4.8
n-Butyl acetate	7.7	3.1	1.8	8.5	5.0
MIBK	7.5	2.0	3.0	8.6	13.1
Acrylic acid	7.6	6.8	6.3	12.0	-

$\delta_D$ : dispersion parameter,  $\delta_H$ : hydrogen bond parameter,  $\delta_P$ : polar parameter,  $\delta_o$ : overall solubility parameter,  $\epsilon$ : dielectric constant

용매 MIBK, chloroform, n-BAc 및 benzene을 이용하여 반응추출시 나타나는 추출부하를 각각 Fig8~11에

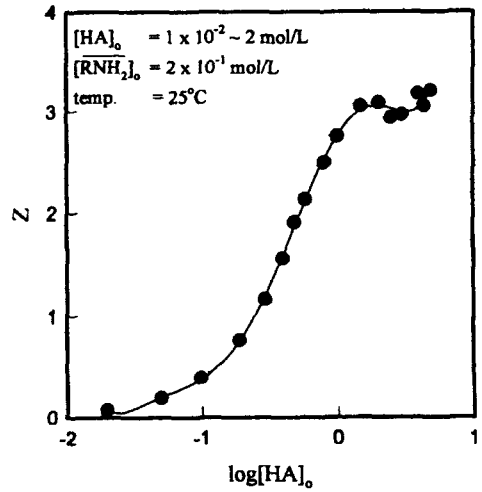


Fig. 8. Extraction loading curve for acrylic acid by benzene.

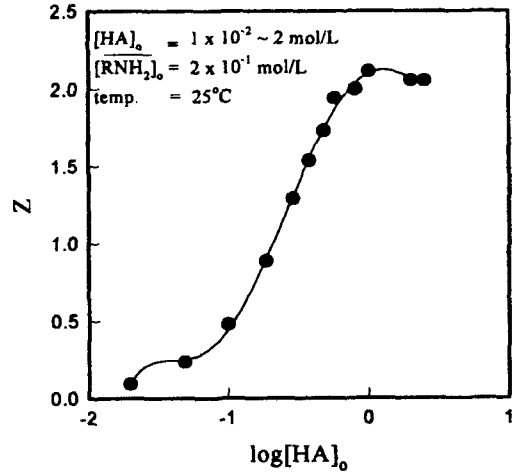


Fig. 9. Extraction loading curve for acrylic acid by chloroform.

나타내었다.

각각의 그림에서 추출부하 Z는 용매에 관계없이 어느 한 지점에서 일정해짐을 알 수 있다. Fig.8에서 benzene용매하에서는 추출부하 Z가 3에 접근함을 볼 수 있다. 이는 2-3절에 보여진 바와 같이 유기상으로 추출되는 화학종이  $A_3R$ 형의 복합체를 형성하고 있음을 나타낸다.

같은 방법으로 비교해 볼 때 Fig.9~11에서 chloroform, MIBK, n-BAc하에서는 추출부하 Z가 2에 접근함으로써 보아  $A_2R$ 형의 복합체를 형성하고 있음을 알 수 있다.

#### 4.3 용매와 용해도 인자

추출도에 미치는 용매의 영향을 알아보기 위하여 추출제 농도를 일정하게 하고 25°C에서 유전상수( $\epsilon$ )와 용

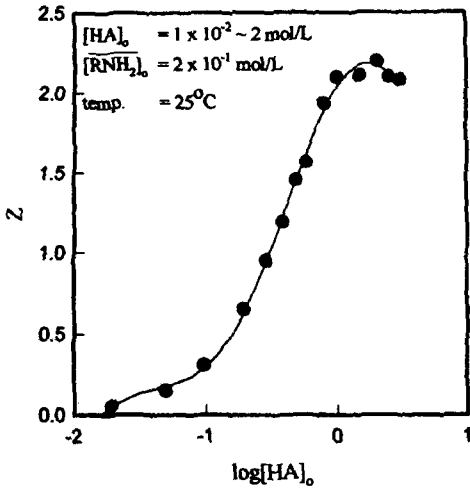


Fig. 10. Extraction loading curve for acrylic acid by MIBK.

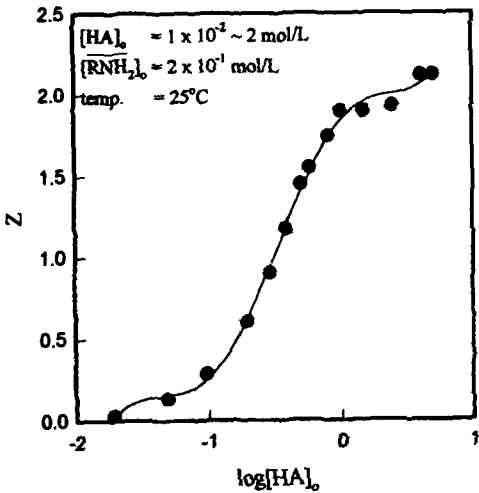


Fig. 11. Extraction loading curve for acrylic acid by n-butyl acetate.

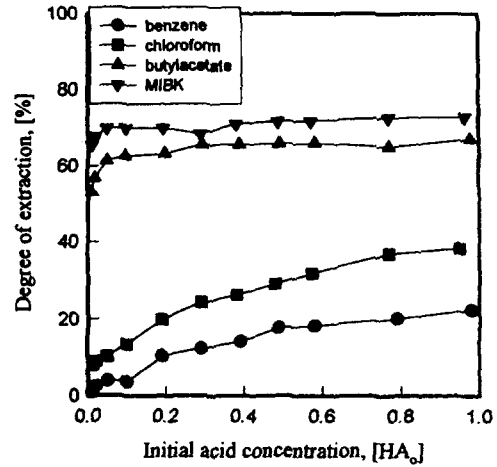


Fig. 12. Extraction of acrylic acid with various solvents in physical extraction.

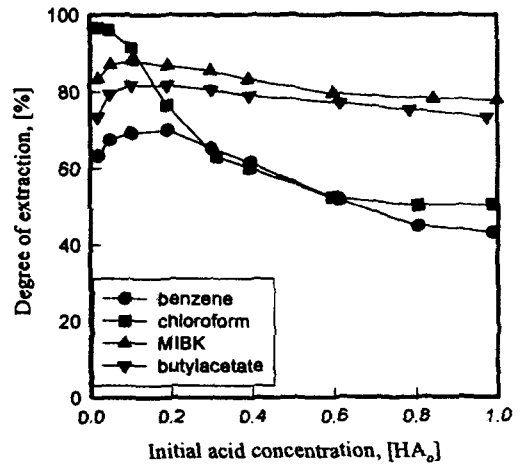


Fig. 13. Extraction of acrylic acid with various solvents in reactive extraction.

해도인자( $\delta$ )가 각각 다른 네 가지 용매(Table 1)를 이용하여 용매에 따른 acrylic acid의 물리추출과 반응추출시 추출도를 각각 Fig.12와 13에 나타내었다.

Fig.12와 13에서 acrylic acid의 추출도는 유전상수가 클수록 증가하였으나 예외적으로 chloroform을 사용한 물리추출의 경우 낮은 추출도를 나타내는 반면, 반응추출의 경우에는 추출도가 acrylic acid의 초기 농도가 0.3mol/l 까지 상당히 높아졌다. 이것은 acrylic acid-추출제-용매 사이의 반응추출시에는 용매화강도(solvation strength) 등 복잡한 작용기구 때문이다.

즉, 추출도는 benzene < chloroform < n-BAC < MIBK 순으로 증가하여 유전상수에 의존한다는 Tamada et al.(1990)의 결과와 비교적 잘 일치하였으나 이온쌍의 안정도, 용매화강도 및 유기상에 에멀전 형성 등 여러인자의 영향을 받기 때문에 일치하지 않는 경우도 관찰되었다. 이것은 유전상수와 용해도인자의 관계

를 밝힌 Hansen(1969)의 관계식에서도 확인할 수 있었다.

또 Table 1과 Fig.12, 13에서 용질과 용매 각각에 대한 용해도인자와 추출도를 비교해 보면 분산, 극성, 수소결합인자 각각은 용질과 용매의 차이가 작을수록 대체로 추출도가 높아지지만 총괄 용해도인자의 차이는 추출도와 무관하였다.

따라서 이론 2-3절의 식(12), (13)에서 언급한 용질과 물의 용해도인자의 차이가 클수록, 용질과 용매의 용해도인자의 차이가 작을수록 유기상의 분배계수가 커진다는 용해도인자 이론의 적용은 총괄 용해도인자만으로는 어렵고, 분산, 극성 및 수소결합인자를 따로 고려하여야 함을 알 수 있다.

### 5. 결 론

여러 용매를 사용한 acrylic acid의 추출 평형 특성 고

참로부터 얻은 결론을 종합하면 다음과 같다.

- 1) TOA를 사용한 반응추출에서 추출도는 물리추출의 경우보다 용매에 따라서 1.5~3배까지 높았다.
- 2) benzene, chloroform, n-BAC, MIBK 등의 용매를 사용한 물리추출에서 MIBK와 n-BAC 하에서는 수상의 acrylic acid의 농도에 관계없이 분배계수가 일정하였으나, benzene과 chloroform 하에서는 acrylic acid의 농도가 증가할수록 분배계수도 증가하였다. 이는 acrylic acid의 이량화 반응으로 해석할 수 있다.
- 3) 용매의 유전 상수는 클수록, 분산, 수소결합 및 극성 용해도인자 각각은 용질과의 차이가 작을수록 추출도는 증가하였다. 즉 추출도는 benzene < chloroform < n-BAC < MIBK 순으로 증가하였다.
- 4) 다양한 유기 용매에서 나타나는 acrylic acid의 최대추출부하는 추출제 TOA하에서 benzene은 3, chloroform, n-BAC, MIBK는 2에 접근하였다. 따라서 acrylic acid는 benzene 용매하에서 A<sub>3</sub>R형의 화학종을, chloroform, n-BAC, MIBK에서는 A<sub>2</sub>R형의 화학종의 형태로 추출됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

Barton, A. F. M., 1983, CRC Handbook of solubility parameters and other cohesion parameters, CRC Press, Inc., Boca Raton.

Brandrup, J. and Immergut, E. H., 1989, Polymer Handbook", John Wiley & Sons, New York.

Hampe, M. J., 1985, Lsungsmittel-auswahl beider flssig/flssig-extraktion unter physikalisch-chemischen aspekten", Chem. Ing. Tech., 57, 669-681.

Hansen, C. M., 1969, The universality of the solubility parameter, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., 8, 2-11.

Hildebrand, J. H. and Scott, R. L., 1962, Regular solutions, Prentice-Hall, Englewood.

Hildebrand, J. H. and Scott, R. L., 1950, The solubility of non-electrolytes, Rheinhold Pub. Co., New York.

Kertes, A. S., 1965, Solubility and activity of high-molecular amine hydrochlorides in organic solvents, J. Inorg. Nucl. Chem., 27, 209-217.

Kiezyk, P. R. and Mackay, D., 1973, The screening and selection of solvents for the extraction of phenol from water, Can. J. Chem. Eng., 51, 741-745.

Lo, T. C., Baird, M. H. I. and Hanson, C., 1983, andbook of solvent extraction, John Wiley & Sons, New York.

Lambourne, R., 1987, Paint and surface coating : theory and practice, John Wiley & Sons, New York.

Prausnitz, J. M., 1969, Molecular Thermo-dynamics of Fluid Phase Equilibria, Prentice-Hall, Inc., Englewood.

Ritcey, C. M. and Ashbrook, A. W., 1984, Solvent extraction, principles and applications to process metallurgy, Part 1, Elsevier, Amsterdam.

Tamada, J. A., Kertes, A. S. and King, C. J., 1990, Extraction of carboxylic acids with amine extractants, Ind. Eng. Chem. Res., 29, 1319-1326.