

기포탑내에서의 몇가지 용액에 대한 가스호울드업(II)

金 柱 奉 · 孫 晋 彦 · 金 相 烈

東亞大學校 工科學大學 化學工學科

(접수 1975. 4. 18)

Gas Hold-up of Several Aqueous Solutions in a Bubble Column (II)

Joo-Bong Kim, Jin-Eon Sohn, and Sang-Yul Kim

*Department of Chemical Engineering, College of Engineering
 Dong-A University, Eusan 600, Korea*

(Received April 18, 1975)

要 約

몇가지 무기염 수용액의 각 농도에서 가스호울드업에 미치는 활동도계수의 영향을 관찰하였다. 또한 얻어진 실험치로부터 각용액의 농도, 표면장력, 활동도계수 및 가스호울드업과의 상관관계를 수식화하였다.

Abstract

The effect of activity coefficient on gas hold-up of aqueous solutions of some inorganic electrolytes are studied at various concentration levels of the solution. From experimental data, correlations were derived relating the gas hold-up with the surface tension and activity coefficient of the solution in a bubble column.

서 론

이미 저자들은¹⁾ 용액의 종류에 따른 가스호울드업과 표면장력과의 관계를 검토하고 표면장력의 증가에 따라 가스호울드업의 증가를 밝혔으며 Koide^{2,3)} 등은 무기염 용액에서 활동도 계수와 단일기포와의 사이에 미치는 영향을 검토하였다.

본 실험은 몇가지 용액들의 농도에 따라 달라지는 물리적인 양인 활동도 계수의 변화에 따른 가스호울드업의 영향과 표면장력, 농도 및 활동도 계수의 상호 변화에 따른 가스호울드업과의 함수관계를 검토하고 이들 사이의 관계를 활동도 계수에 따라 수식화하였음을 보고한다.

실험

어진 기포탐으로서 직경 50mm, 높이 1,000mm 이고 아래부분에 직경 0.3mm, 구멍수 5×5인 다공분산판을 삽입하여 실험하였다.

1. 실험장치

이미 발표한⁴⁾ 바와 같이 투명한 플라스틱관으로 만들

2. 실험재료

실험에 사용된 용액의 종류는 Table 1 과 같다.

Table 1. Properties of the used liquids

sort of liquids	conc. (M)	density (g/cm ³)	sur. ten. (dyne/cm)	activity coeff.
Potassium bromide	1.0	1,084	68.28	0.617
	0.7	1,060	68.34	0.636
	0.5	1,043	70.64	0.657
	0.3	1,025	71.53	0.693
	0.1	1,008	72.09	0.772
Potassium nitrate	1.0	1,060	66.65	0.443
	0.7	1,044	68.19	0.496
	0.5	1,032	72.99	0.545
	0.3	1,020	73.66	0.614
	0.1	1,004	73.57	0.739
Potassium chloride	1.0	1,047	70.86	0.604
	0.7	1,032	71.45	0.626
	0.5	1,024	72.09	0.649
	0.3	1,014	72.95	0.688
	0.1	1,005	73.32	0.770
Sodium chloride	1.0	1,040	70.86	0.657
	0.7	1,030	71.45	0.667
	0.5	1,022	72.09	0.681
	0.3	1,014	72.93	0.710
	0.1	1,004	73.32	0.778
Potassium iodide	1.0	1,114	72.08	0.645
	0.7	1,084	72.76	0.660
	0.5	1,060	73.00	0.676
	0.3	1,038	73.68	0.707
	0.1	1,012	73.53	0.778
Calcium chloride	1.0	1,082	75.80	0.715
	0.7	1,059	74.87	—
	0.5	1,042	73.98	0.519
	0.3	1,026	73.60	—
	0.1	1,008	72.65	0.515

3. 실험방법

압축기로 부터의 공기를 유량계를 거쳐 기포탐의 아래쪽 다공분산판을 통하여 유입시킬때 나타나는 가스

호울드업의 차이를 용액의 종류, 농도, 표면장력 및 활동도 계수등의 변화에 따라 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 용액의 종류, 표면장력 및 활동도 계수^{5,6)}의 변화에 따른 가스호울드업 :

가스유속($U_G=1.63\sim 2.3$ cm/sec)이 낮을 때는 σf (표면장력과 활동도 계수의 곱)의 변화에 관계없이 가스호울드업이 일정한 값을 나타내나, 높은 가스유속($U_G=3.2\sim 4.74$ cm/sec)에서의 σf 의 변화에 따른 가스호

울드업의 영향을 Fig. 1에서부터 Fig. 6에 이르는 ϕ vs. σf 곡선의 유사성과 Fig. 8의 σf vs. C 곡선의 유사성에 따라 4 가지(A~D) 유형으로 분류할 수 있었다. 즉, A는 Fig. 1과 2의 KI 및 NaCl 용액과 같이 σf 의 증가에 따라 가스호울드업이 증가하는 형이다. B는 Fig. 3과 4의 KBr, KCl 및 NaCl 용액과 같이 σf 의 낮은 값의 범위에서는 그 증가에 따라 가스호울드업은 증가하나 σf 의 높은 값의 범위에서는 그 값이 일정해지는 형이다. 특히 NaCl은 σf 의 증가에 따른 가스호울드업이 KI와 같이 뚜렷한 증가를 나타내는

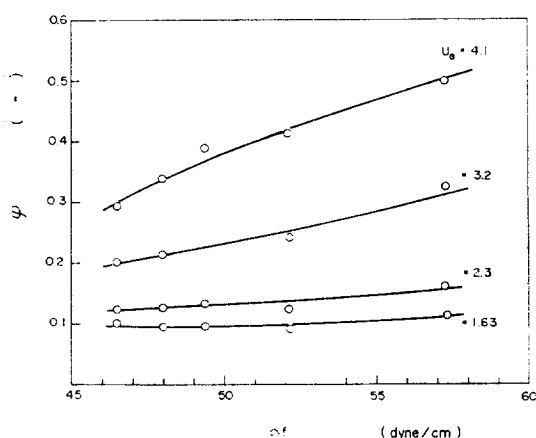


Fig. 1. ϕ vs. σf for potassium iodide solution at different gas velocities.

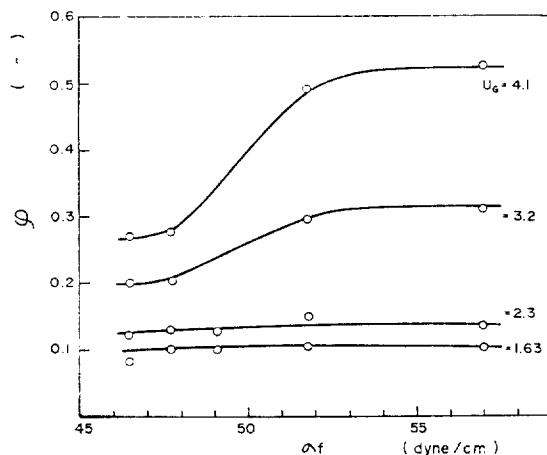


Fig. 2. ϕ vs. σf for sodium chloride solution at different gas velocities.

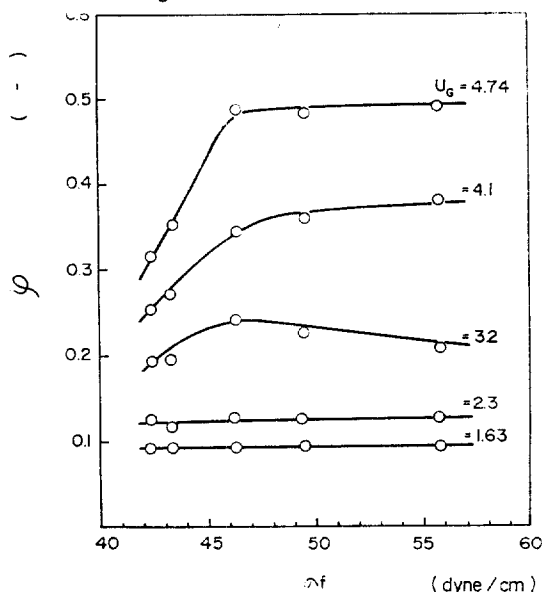


Fig. 3. ϕ vs. σf for potassium bromide solution at different gas velocities.

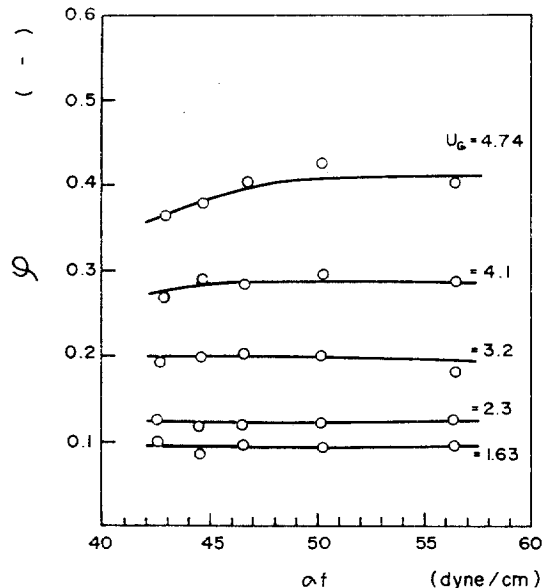


Fig. 4. ϕ vs. σf for potassium chloride solution at different gas velocities.

것같지는 않지만, Fig. 8에서 σf vs. C 의 곡선이 거의 일치하기 때문에 A군에 넣었으며 B군에 속하는 KBr, KCl 보다는 σf 가 훨씬 더 큰 증가이기는 하나 가스호울드업이 일정하기 때문에 A군과 B군에 중복시켰다.

C는 Fig. 5의 KNO_3 용액과 같이 σf 의 증가에 따라 가스호울드업은 증가하나 $\sigma f=45$ 를 지나면 다시 감소하는 형이다. D는 Fig. 6의 CaCl_2 용액과 같이 σf 의 낮은 범위내에서는 그의 증가에 따라 가스호울드업이 감소하다가 σf 의 높은 범위에서의 계속증가에 의하여 가스호울드업이 일정해지는 형이다.

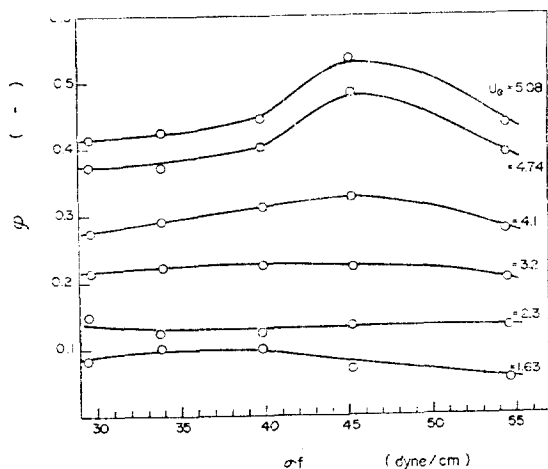


Fig. 5. ϕ vs. σf for potassium nitrate solution at different gas velocities.

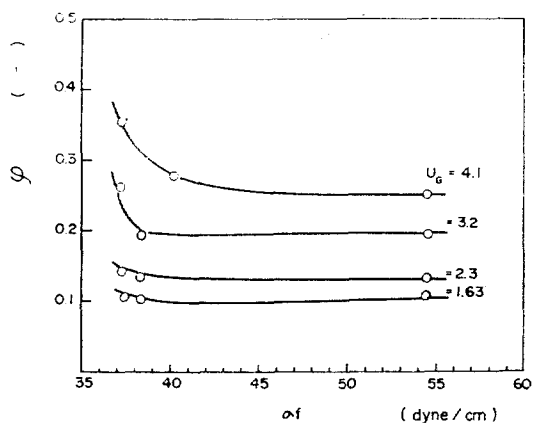


Fig. 6. ϕ vs. σf for calcium chloride solution at different gas velocities.

A, B, C 유형의 용액들은 Fig. 8에서와 같이 σf vs. C 의 곡선의 유사성에 의하여 구분되는 것이며, 또한 D형의 용액은 다른 염들보다 CaCl_2 의 비교적 강한 흡습성 때문에 일어나는 독특한 현상이 아닌가 생각되나.

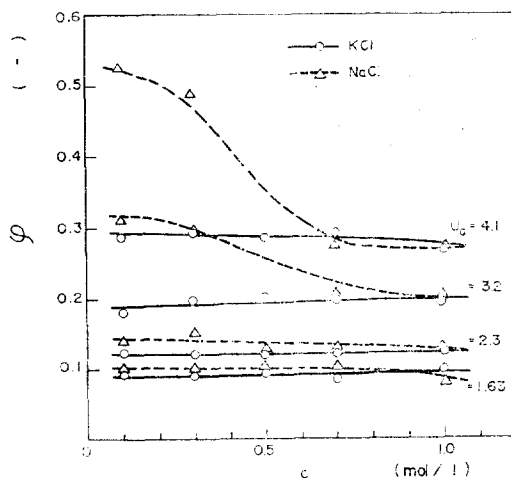


Fig. 7. ϕ vs. concentrations for solutions of potassium chloride & sodium chloride at different gas velocities.

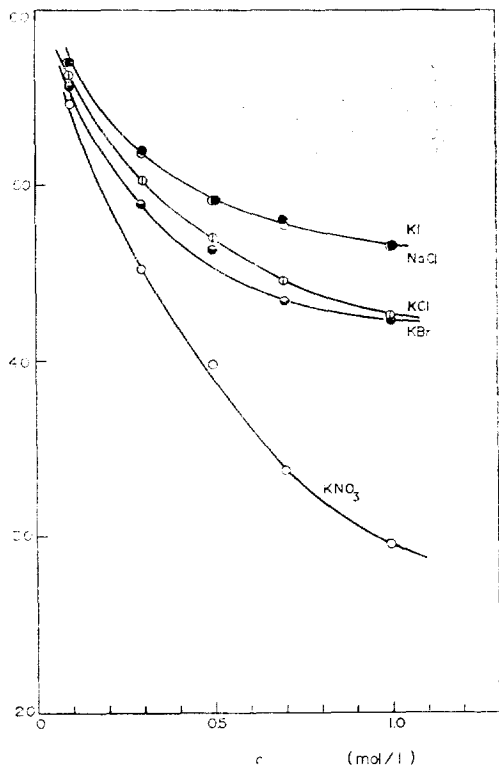


Fig. 8. σf vs. concentration for various solutions.

좀더 확실한것은 앞으로 구체적인 실험을 요하므로 별도로 D군으로 구분했다.

2. 화학적 성질이 유사한 두용액의 비교 :

Fig. 7 에서와 같이 화학적으로 유사한 성질을 가지고 있는 KCl 용액과 NaCl 용액의 가스유속 변화에 따른 농도와 가스호울드업과의 관계에 있어, 높은 가스유속에서는 NaCl 용액은 그 농도가 증가함에 따라 가스호울드업이 급격히 감소하나 KCl 용액은 극히 완만한 가스호울드업의 감소를 나타낸다. 또 낮은 가스유속에서는 NaCl, KCl 다 같이 거의 유사한 성질을 나타낸다. 이와 같이 높은 가스유속에서 농도증가에 따른 가스호울드업의 감소가 NaCl 용액이 KCl 보다 훨씬 큰 것은 Fig. 8 과 같이 농도증가에 따른 σf 값의 감소현상이 전자보다 후자가 현저하기 때문이다.

3. 용액의 종류에 따른 농도와 σf 의 관계

Fig. 8 은 여러가지 용액의 농도와 σf 와의 관계를 표시하는 것으로서 KI 및 NaCl 용액은 농도증가에 따른 σf 의 감소가 가장 적은 반면, KCl, KBr 및 KNO_3 용액의 순으로 농도의 증가에 따라 σf 의 감소가 더욱 커지고 있다.

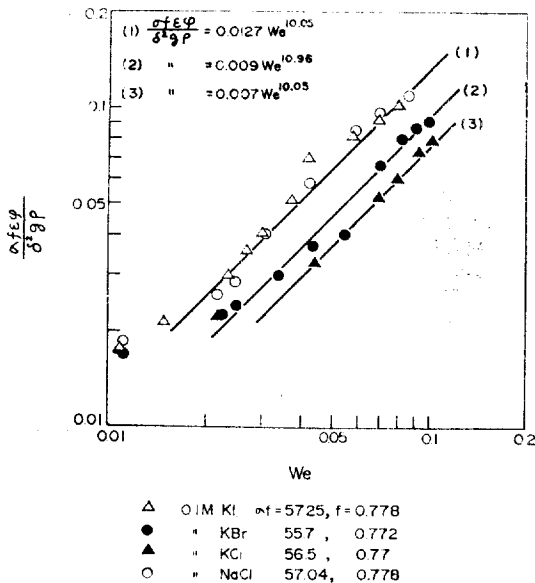


Fig. 9. Relation between $\frac{\sigma f \epsilon \varphi}{\delta^2 g \rho}$ (dimensionless group) & Weber number for several solutions in the range, $55.7 < \sigma f < 57.25$.

4. 몇가지 파라미터와 가스호울드업과의 상관관계 :

가스호울드업에 가장 영향을 크게 미치는 인자인 표면장력과 활동도 계수의 곱인 σf 의 값이 비슷한 용액들을 네가지군(A : $\sigma f = 55.7 \sim 57.25$, B : $\sigma f = 49.35 \sim 50.25$, C : $\sigma f = 45.2 \sim 47.66$ 및 D : $\sigma f = 42.2 \sim 43.4$)으로 나누어, Fig. 9~Fig. 12 에서 가스호울드업에 영향을 주는 무차원군인 $\frac{\sigma f \epsilon \varphi}{\delta^2 g \rho}$ 과 We 사이의 관계를 구명면적의 비(구멍수 5×5 , 구멍직경 0.3mm)를 일정하게 하고 대수 좌표상에 plot 하면 Fig. 9~Fig. 12 와 같이 직선관계가 성립하며 σf 값의 변화에 따라 직선의 절편이 달라짐을 알 수 있고, Fig. 9 는 0.1M KI, 0.1M KBr, 0.1M KCl 및 0.1M NaCl 의 네가지 용액중 σf 값이 큰 범위에 속하는 KI 용액($\sigma f = 57.25$)과 NaCl 용액($\sigma f = 57.04$)은 그 값이 같은 직선상에 나타나고, σf 값이 그보다 낮은 KBr 용액($\sigma f = 55.7$)과 KCl 용액($\sigma f = 56.5$)은 보다 낮은 절편의 직선상에 각각 나타나고 있지만 3 직선의 기울기는 거의 같은 값으로서 평행하고 있는데 이는 같은 농도의 4 용액이 근사적으로 같은 σf 를 가지기 때문이다. 또 그림 Fig. 10, 11 및 12 도 마찬가지로 σf 값이 적어짐에 따라 절편이 낮아지는 경향을 표시하고 있다. 그러나 일반적으로 σf 가

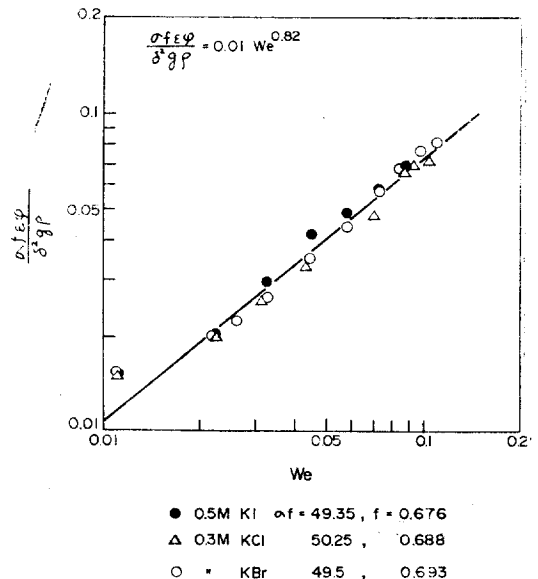


Fig. 10. Relation between $\frac{\sigma f \epsilon \varphi}{\delta^2 g \rho}$ & Weber number for several solutions in the range, $49.35 < \sigma f < 50.25$.

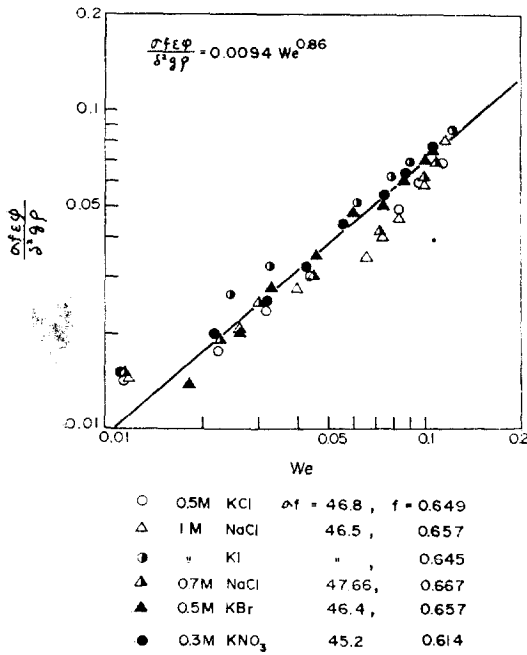


Fig. 11. Relation between $\frac{\sigma f \epsilon \phi}{\delta^2 g \rho}$ & Weber number for several solutions in the range, $45.2 < \sigma f < 47.66$.

증가하면 절편과 기울기의 값이 증가하는 경향이 있다.

이것을 수식화하면 다음의 (1)식과 같으며 σf 의 여러 범위에 대한 계수 K 및 지수 n 의 값을 산출하여 Table 2에 나타내었다.

$$\frac{\sigma f \epsilon \phi}{\delta^2 g \rho} = K We^n$$

Table 2. Parameter values for Eq. (1).

σf	K	n
42.2 ~ 43.4	0.009	0.6
45.2 ~ 47.66	0.0094	0.86
49.35 ~ 50.25	0.01	0.82
55.7 ~ 57.25	0.0127 ~ 0.007	10.05 ~ 10.96

결 론

(1) 활동도 계수가 증가하면 가스호울드업도 증가함을

화학공학 제13권 제4호 1975년 8월

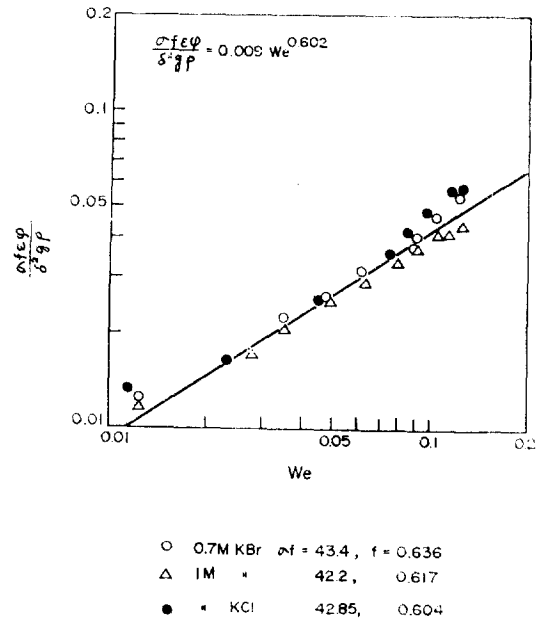


Fig. 12 Relation between $\frac{\sigma f \epsilon \phi}{\delta^2 g \rho}$ & Weber number for several solutions in the range, $42.2 < \sigma f < 43.4$.

알 수 있다. 단, 흡습성물질인 CaCl₂ 용액은 활동도 계수의 증가에 따라 반대로 가스호울드업이 감소함을 알 수 있다.

(2) 무기염용액에서 가스유속이 큰 경우에는 σf (표면 장력과 활동도 계수의 곱)가 증가할수록 가스호울드업이 증가하며 낮은 가스유속에서는 σf 의 증가에 관계없이 가스호울드업은 거의 일정한 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

(3) σf (표면장력과 활동도 계수의 곱)가 유사한 용액 으로부터 얻어진 무차원군 사이의 관계는 (1)식으로 주어지며 σf 의 여러 범위에 대한 계수 K 및 지수 n 의 값은 Table 2에 나타낸바와 같이 산출되었다.

사 용 기 호

- f activity coefficient.
 δ hole diameter, cm.
 ρ density of liquid, g/cm³.
 g gravitational acceleration, cm/sec².
 σ surface tension of liquid, dyne/cm.

φ average gas hold-up.

ε ratio of hole area of distributor.

We Weber number; $U_G^2 \delta \rho / \varepsilon^2 \sigma$

$\frac{\sigma f \varepsilon \varphi}{\delta^2 g \rho}$ nondimensional number by experimental data.

인 용 문 헌

1. 김주봉, 손진언, 김상열, "화학공학", **12** (1974), 297.
2. K. Koide, *J. Chem. Eng., Japan*, **5** (1972), 236.
3. K. Koide, S. Kato, Y. Tanaka, and H. Kubota, *J. Chem. Eng., Japan*, **1** (1968), 51.
4. 김주봉, 손진언, 김상열, "화학공학", **9** (1971), 31.
5. R. C. Weast and S. M. Selby (ed.), "Handbook of chemistry and Physics," D-121, Chem. Rubber Co., Cleveland, 1969.
6. Nihon Kagaku Kai, "Kagaku Binran, Kisohen," p. 1046. Maruzen, Tokyo, 1966.

