気泡-連続相液体間における連続相側物質移動速度*

城 塚 正**・平 田 彰**

早稲田大学理工学部 応用化学科 化学工学科

緒言: 著者らは先に平面状の異相接触界面を通しての物質移動速度におよぼす表面濃度の時間的变化と界面速度の影響について、境界層理論を適用して理論的解析を行ない、特に界面速度の重要性を定量的に評価した¹⁾。次にこの解析結果を液滴-連続相液体間における連続相側物質移動に拡張展開し、界面速度を考慮することにより、現存するほとんど全ての定量的データを、固体球に関する実測値と同程度の精度で、かつ同一座標軸系により統一的に相関できることを明らかにした¹¹⁾。

本報では、これらの理論展開をさらに気泡-連続相液体間の連続相側物質移動に拡張適用を行なった。その結果、本理論は剛体模型および液滴のみならず、気泡系に対しても統一的に適用し得る可能性が示されたので補足報告する。

界面速度を考慮した理論解析結果: 本報で使用する本理論解析結果を前報¹¹⁾より抜粋して Table 1 に示した。なおこれらの詳細は前報に述べてあるので割愛する。

既往実験結果との比較: Fig. 1 に単一気泡に関する Redfield-Houghton⁹⁾ の実験結果との比較の一例を示した。彼らは気泡径が 5~16mm の CO₂ 泡より、種々濃度の Dextrose 水溶液への吸収実験を行なって、 $Re > 10$ では $Sh/(ReSc)^{1/2}$ の値が Re 数の増加と共に顕著に増加し、従来から提出されているいずれの理論によっても説明できないと述べている。しかし Fig. 1 によれば、界面速度を考慮した本理論解析により、この傾向を説明できることが判る。すなわち、 Re 数の増加により、気泡界面の界面速度が増加し、このため物質移動速度が増加するものと解釈することができる。

気泡径が非常に大きくなると気泡上昇速度も大きくなり、究極的には $u_w/u_\infty \approx 1$ となり、本理論による解析結

果はポテンシャル流れにおける Calderbank-Lochiel⁴⁾ の理論に近似する。いま、Fig. 2* に CO₂-水系にお

Fig. 1 Some comparisons with Redfield and Houghton's data⁹⁾ for single bubbles

Table 1 Summary of theoretical results

(1) Continuous phase mass transfer rate

$$\frac{Sh}{Sh_0} = \sqrt{1 + 1.9 \frac{u_w}{u_\infty} Sc} \left(\frac{u_w}{u_\infty} \right), \quad 0 \leq \frac{u_w}{u_\infty} \leq 1 \quad (4)$$

$$\text{where, sphere: } (Sh_0)_s = 2 + 0.6 Re^{1/2} Sc^{1/3} \quad (6)$$

$$\text{oblate spheroid: } \left(\frac{Sh_{ob}}{Sh_s} \right)_0 = \left(\frac{A_s}{A_{ob}} \right)^{1/2} E^{1/4} \quad (7)$$

$$\text{where, } \left(\frac{A_s}{A_{ob}} \right) = \frac{2E^{1/2}(E^2-1)^{1/2}}{E(E^2-1)^{1/2} + \ln(E + \sqrt{E^2-1})}$$

$$\text{spherical cap: } \left(\frac{Sh_{sc}}{Sh_s} \right)_0 = 1.58 \frac{(3E^2+4)^{1/2}}{E^2+4} \quad (8)$$

(2) Interfacial velocity

$$\frac{u_w}{u_\infty} = a_1 + \frac{a_2 Re}{a_3 + Re} - \frac{a_4}{\sqrt{a_3 + Re}} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{where, } a_1 &= \frac{2}{3(1+\kappa)} \\ a_2 &= 1 - a_1 \\ a_3 &= \frac{64(1+\kappa)^2(1+3\kappa)(2+3\kappa)^2}{4(1+\kappa)(2+3\kappa)^2 - [1 + (\gamma\kappa)^{1/2}]^2 \pi} \\ a_4 &= \frac{4}{3} \frac{2+3\kappa}{1 + (\gamma\kappa)^{1/2}} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \\ a_5 &= \left[\frac{4(1+\kappa)(2+3\kappa)}{1 + (\gamma\kappa)^{1/2}} \right]^2 \frac{2}{\pi} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

* <Continuous Phase Mass Transfer from Bubbles in Gas-Liquid System>

Received on March 6, 1970

化学工学会第35年会(東京, 1970)にて講演発表

** Tadaishi Shiotsuka and Akira Hirata (Chem. Eng. Course, Dept. of Appl. Chem., School of Eng. and Sci., Waseda Univ., Tokyo, Japan)

* Fig. 2 および Fig. 3 においては、それぞれ原報に従い、 $E=3.0$ の場合についても並記した。

Fig. 2 Continuous phase mass transfer coefficient for single large bubbles (CO_2 -water: $Sc=570$)

Fig. 3 Some comparisons with Calderbank and Moo-Young's data⁵⁾ for transition from small bubbles to large bubbles in aerated mixing vessels

ける単一大気泡に関する諸実験結果との比較を示した。Fig. 2によれば、本理論による解析結果はこれらの実験結果と大むね一致している。また、同時にポテンシャル流れの理論である Boussinesq 式³⁾、すなわち、 $t=d_e/u_{\infty}$ とおいた Higbie 式⁴⁾をも示した。従来、ガス吸収実験においては、一般的に Higbie 式が適用できるとされているが、本理論による解析結果はこの通説にもよく合致している。

次に、Fig. 3*には気泡撹拌槽に関する一例として、Calderbank and Moo-Young⁵⁾による CO_2 -グリセリン水溶液系の実験結果との比較を示した。なおこの文献には上昇速度が明示されていないので、Allen の式¹⁾、すなわち、 $u_i=(1/4)(\Delta\rho g^2/\rho_c\mu_c)^{1/2}d_e$ により上昇速度を推算して本理論値を示した。彼らは気泡径により3つの範囲が存在することを認めている。すなわち、小気泡 (0.6mm 以下) と大気泡 (2.5mm 以上) ではそれぞれ物質移動係数の値が一定であるが、0.6~2.5mm の中間領域では物質移動係数が気泡径にほぼ比例して増加するとしている。彼らは小気泡と大気泡の両極端の場合については理論的に説明できるが、中間領域については従来の理論ではいずれも説明できないと述べている。その後、Gal-Or-Walatzka⁶⁾は高 Pe 数のストークス流における Levich の解³⁾より Fig. 3 の点線のごとき中間領域を満足する解を得ている。しかるにこの理論では逆に小気泡および大気泡における現象が説明できなくなる。Fig. 3によれば、本理論解析は、特に気泡形状がキノコ笠状になっていることを考慮すれば、これらの3つの領域を全て満足することが判る。なお Fig. 3 の範囲より大なる気泡径では $u_{\infty}/u_{\infty} \approx 1$ となり、この場合は Fig. 2 に示されるように物質移動係数は気泡径が増大するにつれて逆に減少するようになる。したがって一般的に、あ

る気泡径において物質移動係数の極大値が存在することが判る。これらのことから、従来気-液系の場合においては、一般的にポテンシャル流れの取り扱いが多かったが、液液系の場合と同様に、接触界面近傍における流体力学的条件をも考慮する必要があると考えられる。

結論 著者らの前報における理論解析の結果を気泡からの物質移動に拡張適用した。3種の代表的な既往データと比較した結果、従来説明し得なかった物質移動現象をも説明することができた。このことより、剛体模型・液滴および気泡からの物質移動は界面速度を考慮することにより統一的に取り扱える可能性を示した。したがってまた前報で得た結論、すなわち、異相接触界面における物質移動機構の研究に界面速度の考慮が必須であることが、気泡系に対してもいえることが確認できた。

Nomenclature: Same as that in previous paper¹¹⁾

Literature cited

- 1) Allen, H.S.: *Phil. Mag.*, 50, 323 (1900)
- 2) Baird, M.H.I. and J.F. Davidson: *Chem. Eng. Sci.*, 17, 87 (1962)
- 3) Boussinesq, J.: *J. Math. Pure Appl.*, 6, 285 (1905)
- 4) Calderbank, P.H. and A.C. Lochiel: *Chem. Eng. Sci.*, 18, 485 (1964)
- 5) Calderbank, P.H. and M.B. Moo-Young: *ibid.*, 18, 39 (1961)
- 6) Gal-Or, B. and V.V. Walatzka: *AIChE Journal*, 13, 650 (1967)
- 7) Leonard, J.H. and G. Houghton: *Chem. Eng. Sci.*, 18, 133 (1963)
- 8) Levich, V.G.: *"Physicochemical Hydrodynamics"*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. (1962)
- 9) Redfield, J.A. and G. Houghton: *Chem. Eng. Sci.*, 20, 131 (1965)
- 10) Shirotoku, T., A. Hirata and K. Sakai: *Kagaku Kōgaku* 33, 168 (1969)
- 11) Shirotoku, T. and A. Hirata: *ibid.*, 35, 78 (1971)

* 前ページ脚注参照

液中を上昇する単一気泡の運動 (柘植秀樹・日比野真一, 化学工学, 35, 65~71 (1971))

液中を上昇する楕円体状空気泡の上升速度, 上昇経路の変動周期, および振巾, 長軸と水平軸とのなす角度の変動周期, 径比を測定し, 上昇経路変動の周期と, 振巾は, 気泡の発生方法や汚染系, 精製系にかかわらず, 無次元群で整理できることを見いだした。さらに経路変動の周期と角度変動の周期はほぼ一致し, 径比変動周期がそれらの約1/2に相当することと, それらの位相差を考慮し, 液中を上昇する気泡の簡単な2次元モデルを提出した。

浮遊粒子層内における粒子の相対運動について (宮内照勝・山田健夫, 化学工学, 35, 71~77 (1971))

拡散や反応操作における粒子・流体接触の基礎として浮遊粒子層内を運動するトレーサ粒子 (層粒子とは異なった粒径をもつ) の挙動を実験的に研究した。実験結果によれば層内でのトレーサ粒子のスリップ速度を与える関数 ϕ (Eq. (10) で定義される量) は粒子レイノルズ数が20~500の範囲では層の空間率のみの関数となり, それ以下では粒子レイノルズ数と空間率との関数となった (Fig. 5, 6)。また関数 ϕ は混合粒子の沈降速度をよく表現できることが判明した。

液滴—連続相液体間における連続相側物質移動速度 (城塚正・平田彰, 化学工学, 35, 78~84 (1971))

界面流動を伴う平面接触における著者らの既発表の理論解析を液滴から連続相側への物質移動速度に拡張展開した。さらに液滴の界面速度の推算のために広範囲な物性値および Re_c 数に対する近似表示式を得た。既往の実験結果を界面速度を含む項で再整理し, 本理論解析の結果と比較したところきわめてよく一致し, 固体球に関する実測値と同程度の精度で, かつ同一座標軸系で統一的に関連することができた。界面速度は今後の物質移動機構の研究においてきわめて重要な因子となることを指摘した。

自由上昇下にある液滴を通しての物質移動機構—分散相側物質移動速度について— (原田 誠・江口 弥, 化学工学, 35, 85~91 (1971))

トルエン滴—水系, n -ブタノール滴—水系における分散相側物質移動機構と液滴の挙動との関係を実験的に検討した。液滴径の小さい範囲では, 液滴内部に存在する循環流や乱れによる滴内混合状態によって物質移動速度は律せられる。振動現象を伴って上昇する液滴については, 滴内混合が激しい場合, 分散・連続両相の物質移動係数とも同一の相関式で表わされ, 物質移動抵抗は振動現象により律せられる。以上の結果を基にして, 滴内混合の緩慢な状態から激しい状態に至る広範囲の物質移動速度を滴内混合の補正パラメータを用いて定量化した。また, 振動液滴については, 一般比浸透理論を用いた Angelo の式と界面更新説に立脚した物質移動係数の式とを比較し, 見掛上 Angelo の式が実測値をよく表現することを確認した。

湿式分級について—循環流型多段湿式分級装置の研究開発— (吉野善弥・三次隆・村松豊司・可知崇好・吉田靖・岡島裕明・野島正一・神吉純一, 化学工学, 35, 91~98 (1971))

1) 湿式分級に関する基礎的考察を行ない, 分級過程における粒子分別機構とくにその部分分級効率や粒子回収量などに関する一般的关系式を導いた。2) 回分湿式分級試験などを行なって, 粒子分別効果に影響を及ぼす因子として, 粒子濃度補正係数や粒子分別係数などに関する実験式を求めた。3) 連続湿式分級に関する基礎的考察を行ない, 連続湿式分級過程における粒子分別効果に対する槽内流動の影響ならびに沈降粒子群に同伴される粒子量の影響などに関する一般的关系式を導いた。4) 上記一連の結果などにもとづき連続湿式分級試験を行ない, とくに分級槽本体外周壁に中間沈降槽を設置した循環流型多段湿式分級試験装置を試作して連続実験を行なった結果, 比較的に分級精度の高い生成物が, 中間沈降槽の設置数ならびに操作条件に応じて得られることが明らかになった。

多孔板ガス吸収塔の流量変動による動特性—非定常流動特性の影響— (城塚 正・荒川秀夫, 化学工学, 35, 98~104 (1971))

気液接触多孔板塔の液およびガス流量変動による動特性解析の実験を空気(CO₂)—水(NaOH)でおこなった。液濃度応答の測定結果と非定常流動モデルを繰込んだ動特性モデルとを比較検討した。塔の構造因子 (開孔比等) のちがいでによって, ガス流量変動による応答が逆転する場合があることがわかった。その原因は段上液の溢流管への逆流現象の有無大小によると思われる。また一段当りの吸収速度が大きな塔ほど流量変動の影響が大きくなる。流動の時定数と物質移動の時定数とを比較した結果, 前者は無視できないと思われる。

<化学工学データ>

メタノール・エタノール・水・塩化カルシウム系の気液平衡データ (大江修造・横山公彦・中村正一, 化学工学, 35, 104~107 (1971))

メタノール・エタノール・水系に塩化カルシウムを16.7 wt%と飽和 (室温) に溶解させた場合の気液平衡を大気圧下で測定し, 気液平衡曲線を得た。塩化カルシウムの添加によりメタノールのエタノールに対する相対揮発度は減少するがエタノールの水に対する相対揮発度は増大している。

酢酸+水+ベンゼン系および酢酸+水+トルエン系の液液平衡 (井口昭洋・布施恵司, 化学工学, 35, 107~110 (1971))

酢酸+水+ベンゼン系および酢酸+水+トルエン系の25°Cの液液平衡を測定し, 溶解度曲線とタイ・ラインのデータを得た。プレイトポイントを

$$\log x_w : (y_w - x_w) / x_w$$

の相関関係を利用して求めた。ここで, x_w は炭化水素相内の酢酸重量分率で, y_w は水相内の酢酸重量分率である。

酢酸+水+炭化水素系のプレイトポイントにおける酸の濃度と各炭化水素の水への溶解度との間にはつぎのように定性的な関係が見られる。

	溶解度	酸濃度
n -ヘキサン	0.11	0.470
シクロヘキサン	0.08	0.510
ベンゼン	0.06	0.526
トルエン	0.05	0.567

石油系炭化水素の気液平衡関係について (道下次男・荒井康彦・斎藤正三郎, 化学工学, 35, 111~116 (1971))

石油系炭化水素の気液平衡関係を9つの二成分系, および, 2つの三成分系について, 大気圧下で測定した。これらの実測値により Wilson 式の定数を決定し, これらの定数が三成分系の気液平衡の推算に有効であることを確めた。さらに BWR 式によるこれらの系の気液平衡の推算を試みた。

<技術報告>

溢流部のない棚 (漏れ棚) 上におけるガス (蒸気) の上限速度 (内山久・平尾一成・米野直彦, 化学工学, 35, 116~122 (1971))

著者らの実験データとソ連文献値を用いて堰と溢流部のない棚段塔中における安定作業域のガス (蒸気) の上限速度を求める計算式を得た。棚は (a) 開孔比 $F_0 \geq 0.16$ の多孔板棚, (b) 格子棚と $F_0 < 0.16$ の多孔板棚の2群に分類し, 各群に対して ρ_g / ρ_l の範囲に応じて各々2つの計算式を得た。これらの式は広い物性, 作業条件, 幾何学的因子の範囲にわたって適用され, 既往の式よりも精度が高い。

<寄 書>

気泡—連続相液体間における連続相側物質移動速度 (城塚正・平田彰, 化学工学, 35, 123~124 (1971))

著者らの前報の理論解析を気泡からの連続相側物質移動に拡張適用した。単一気泡に関する Redfield-Houghton および Calderbank-Lochiel, さらに気泡攪拌槽に関する Calderbank-Moo-Young の実験結果と比較した結果, これらのデータをよく説明することができた。今後異相接触界面における物質移動機構を研究するには界面速度を考慮した上でなされなければならないことが指摘される。

Liquid-Liquid Equilibria of the Systems Acetic Acid+Water+Benzene and Acetic Acid+Water+Toluene, A. Iguchi (Musashi Inst. of Tech.) and K. Fuse (Tokyo Inst. of Tech.)

Kagaku Kōgaku, 35, 107~110 (1971)

Solubility curve and tie-lines were determined for the systems acetic acid+water+benzene and acetic acid+water+toluene at 25°C.

The concentration of acetic acid at plait point was obtained from extrapolation of the following correlation line,

$$\log x_w \text{ vs. } (y_w - x_w)/x_w$$

where x_w is acid concentration (wt. fraction) in hydrocarbon layer and y_w is acid concentration (wt. fraction) in water layer.

For the acetic acid+water+hydrocarbon systems, it seems there is a qualitative relation between concentration of acid at plait point and solubility of hydrocarbon in pure water as follows:

	solubility*	wt. fraction
n-hexane	0.11	0.470
cyclohexane	0.08	0.510
benzene	0.06	0.526
toluene	0.05	0.567

* (g/100 g H₂O)

Vapor-Liquid Equilibria of Hydrocarbons at Atmospheric Pressure, T. Michishita, Y. Arai and S. Saito (Tohoku Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 111~116 (1971)

Vapor-liquid equilibrium data of nine binaries and two ternaries of hydrocarbons were obtained at atmospheric pressure. By using these data, the binary-interaction parameters of Wilson equation were determined and these parameters were shown to be capable of predicting vapor-liquid equilibria of ternary systems.

The prediction of vapor-liquid equilibria by BWR equation were also attempted for these systems.

<Technical Report>

Maximum Permissible Gas (Vapor) Velocity in Plate Tower without Downcomer, H. Uchiyama, K. Hirao and N. Meno (Shizuoka Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 116~122 (1971)

Using our experimental data and Soviet literature data, we obtained the experimental equations for the maximum allowable gas (vapor) velocity (U_{gm}) in plate tower without downcomer.

Classifying the plates in two groups: (a) perforated plates ($F_o \geq 0.16$), (b) grid plates and perforated plates ($F_o < 0.16$), we derived the calculating formula for each group.

For (a) group, two equations are obtained for the ranges of $\rho_g/\rho_l \times 10^3 \leq 0.838$ and ≥ 0.838 (error $\pm 13\%$), and also for (b) group, two equations are obtained for the range of $\rho_g/\rho_l \times 10^3 \geq 1.20$ and ≤ 1.20 (error $\pm 15\%$).

<Short Communication>

Continuous Mass Transfer from Bubbles in Gas-Liquid System, T. Shiotsuka and A. Hirata (Waseda Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 123~124 (1971)

This study deals with the continuous phase mass transfer from bubbles and a further application of the mass transfer theory counted with flowing interface which the authors previously reported.

The theoretical results agrees favorably with the experimental results by Redfield-Houghton and by Calderbank-Lochiel on the continuous phase mass transfer rate from single bubbles, and with the data by Calderbank-Moo-Young on the continuous phase mass transfer from bubbles in aerated mixing vessels.

The above comparisons suggests that the future study of interphase mass transfer should pay particular attention to the interfacial velocity.

Mechanism of Mass-transfer through a Drop of Free Rise—on the Mass-Transfer Rate inside a Drop—, M. Harada and W. Eguchi (Kyoto Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 85~91 (1971)

The relation between drop behavior and mass-transfer inside a drop was experimentally clarified, using the systems of toluene drop-water and n-butanol drop-water. In the range of drops with small diameter, mass-transfer rate is controlled by the degree of mixing inside a drop caused by circulation flow and turbulence. For the drop accompanied with oscillation, mass-transfer coefficients both for continuous and dispersed phases are correlated by a same equation and mass-transfer resistance is controlled by oscillation.

Based on the above experimental results, a model was proposed, which express mass-transfer rate through a drop in states from mild to violent mixing inside the drop. For oscillating drops, the empirical equation for mass-transfer coefficient was compared with Angelos' generalized penetration model and the equation derived on surface renewal model. It was clarified that Angelos' equation explains well the observed results, apparently.

Studies on Wet-Classification, Z. Yoshino, T. Mitsugi, T. Muramatsu, T. Kaji, Y. Yoshida, H. Okajima, S. Nojima and J. Kanki (Tokyo Univ. of Agricul. & Tech.)

Kagaku Kōgaku, 35, 91~98 (1971)

The mechanism of size separation in the wet classifier was studied fundamentally, and the effects of solid content and/or particle size distribution in the feed suspensions and the flow pattern in the continuous classifier on the classification efficiency such as partial classification efficiency and/or solid removal percent.

Based on the above considerations and experimental results, we have developed the high efficiency classifier as "Multi-recirculation-wet classifier".

Dynamics of Perforated Plate Gas Absorption Column with Gas and Liquid Flow Change—Effect of Unsteady State Liquid Hold-Up Characteristics—, T. Shiotsuka and H. Arakawa (Waseda Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 98~104 (1971)

The experimental transient responses obtained on a 3-in.i.d. five plate absorption column operating with the system air-carbon dioxide-water-sodium carbonate. The theoretical model which contain unsteady state hydraulics is given for unsteady state behaviour of a plate gas absorption column and theoretical transient responses are derived. The experimental responses are good agreement with theoretical responses.

The first, the patterns of the responses are influenced by the structure factors such as a free area and this phenomena shows a residence of the backward flow for step increase in gas flow rate. The second, the greater absorption rate, gas and liquid flow change more influence upon the dynamics. The third, the time constants of hydraulics are not negligible small compared with mass-transfer time constants.

<Chemical Engineering Data>

Vapor-Liquid Equilibrium Data of Methanol-Ethanol-Water-Calcium Chloride System, S. Ohe, K. Yokoyama and S. Nakamura (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.)

Kagaku Kōgaku, 35, 104~107 (1971)

Salt effect in vapor-liquid equilibria was studied on methanol-ethanol-water system with calcium chloride (16.7 wt.% and saturation at room temperature) at atmospheric pressure. Relative volatility of methanol to ethanol decreases, but that of ethanol to water increases by calcium chloride.

The Motion of Single Gas Bubbles Rising in Various Liquids, H. Tsuge and S. Hibino (Keio Gijyuku Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 65~71 (1971)

The terminal velocity and the variation of the path and the shape of ellipsoidal single air bubbles rising in eleven liquids of low-viscosity were measured.

The path of a single bubble was zig-zag in many cases, but in purified water and in some organic liquids it was spiral when the diameter of the bubble was small. The period and the amplitude of the zig-zag and spiral motion of the path was correlated as a relation between dimensionless groups, irrespective of the modes of the motion.

The period of the variation of the shape which was measured as the ratio of the major and the minor axes of a bubble was approximately half as that of the variation of the path.

The period of the variation of the angle between the major axis of the bubble and the horizontal axis was also measured and just the same as that of the path, but the phase difference existed between these two variations.

Taking into considerations above experimental results, the two-dimensional models of rising in low-viscosity liquids were proposed.

Relative Movement of Particles in the Swarm of Them, T. Miyauchi and T. Yamada (Univ. of Tokyo)

Kagaku Kōgaku, 35, 71~77 (1971)

To know the fundamental aspects of particle-fluid contacting operations, the relative movement of a tracer particle in the swarm of bed particles has been investigated experimentally by using a liquid fluidized bed, where the tracer particle has a size different from that of bed particles. The quantity ϕ as defined by Eq. (10) to give the slip velocity of the tracer particle is found a sole function of void fraction of the bed when the particle Reynolds number is in the range of 20~500. For lower Reynolds number ϕ varies with both of the Reynolds number and the void fraction. The quantity ϕ is also shown to give a good description for the relative rate of settling of particles with mixed particle sizes.

Continuous Phase Mass Transfer from Single Drops in Liquid-Liquid System, T. Shiotsuka and A. Hirata (Waseda Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 78~84 (1971)

The author previously reported an analytical theory for mass transfer through a laminar boundary layer on a flat plate with flowing interface. The present paper discusses the application of the theory to continuous phase mass transfer from single drops. In addition, the approximate equation to evaluate the interfacial velocity of the drops is derived for a wide range of physical properties and Reynolds number.

The existing data for continuous phase mass transfer from single drops is rearranged and compared with the theoretical results. It is found that the existing data agree well with the theoretical results and is well correlated as a reasonable additional function of the interfacial velocity with the same degree of accuracy as that of the data for single solid spheres.

The results should yield much useful information for future studies of interfacial mass transfer.