$Z_I = I/I_0, Z_{I_1} = I_1/I_0, Z_{I_2} = I_2/I_0$	[—]	$\tau = h\bar{a}c_0$	[—]
$\bar{a}$ = mean molar absorption coefficient defined by Eq. (29)	[cm ² /mol]	$\kappa = k_1 h^2/D$	[—]
		ϕ = quantum yield	[mol/Einstein]

Literature cited

- 1) Cassano, A. E. and J. M. Smith: *A. I. Ch. E. Journal*, **12**, 1124 (1966)
- 2) Cassano, A. E., P. L. Silveston and J. M. Smith: *Ind. Eng. Chem.*, **59**, 18 (1967)
- 3) Cassano, A. E. and J. M. Smith: *A. I. Ch. E. Journal*, **13**, 915 (1967)
- 4) Gaertner, R. F. and J. A. Kent: *Ind. Eng. Chem.*, **50**, 1223 (1958)
- 5) Harano, Y. and J. M. Smith: *A. I. Ch. E. Journal*, **14**, 584 (1968)
- 6) Hill, F. B. and N. Reiss: *Can. J. Chem. Eng.*, **46**, 124 (1968)
- 7) Hill, F. B., N. Reiss and L. H. Shendelman: *A. I. Ch. E. Journal*, **14**, 798 (1968)
- 8) Huff, J. E. and C. A. Walker: *ibid.*, **8**, 193 (1962)
- 9) Jacob, S. M. and J. S. Dranoff: *Chem. Eng. Progr. Symp. Ser.*, **68**, 82, 47 (1966)
- 10) "Kagaku Kōgaku Benran (the 3rd edition)" p. 266, Maruzen (1968)
- 11) Lapidus, L.: "Digital Computation for Chemical Engineers" McGraw-Hill (1962)
- 12) Schechter, R. S. and E. H. Wissler: *Appl. Sci. Res.*, **A1**, 334 (1960)
- 13) Shiotsuka, T. and H. Nishiumi: Preprint of the 35th Annual Meeting of the Soc. of Chem. Eng. (Japan), B204 (1970)
- 14) Sugawara, T., T. Tadaki and S. Maeda: *Kagaku Kōgaku*, **33**, 267 (1969)

横型攪拌槽内の流動状態と攪拌動力*

安藤 公二**・原 弘**
遠藤 一夫***

室蘭工業大学工学部 化学工学科**

緒 論

通常の縦型攪拌槽については、均一系、異相系ともに、所要動力を含め、すでに多くの研究が行なわれている。しかしながら、横型攪拌槽については、ガス吸収装置としての Ganz ら¹⁾の一連の研究をはじめとし、少数の報告²⁻⁴⁾が公報されるにとどまり、操作条件設定のための知見は十分ではない。

著者らは、横型攪拌槽の所要動力と槽内の流動状態との関係を検討し、所要動力は、流動状態によって大別される2つの実験関数によって表わしうることをみだし、流動状態の変化は、槽内液のフルード数によって規定されることを、実験的にみいだした。

1. 実験装置および実験方法

実験装置の概要を Fig. 1 に示した。攪拌槽は、幾何

学的に相似な透明アクリル製の円筒形容器三種を用い、中心水平軸中央に、2枚および4枚羽根の平羽根タービンを取り付けた。また、攪拌羽根の各部寸法比を同図に示している。攪拌液には、水および水飴を希釈したものを用いた。攪拌動力の測定は、ねじりばねのねじり角度を検出する方法を用いた市販のトルク計によって行っている。

2. 実験結果とその整理

2・1 槽内液の流動状態

攪拌槽内流動状態の代表的な2つのパターン A, B を Fig. 2 に示した。流動状態 A は羽根回転数が比較的小さい場合に現われ、槽内の液は攪拌羽根によって押し上げられ、飛散し、微細な液滴と気泡を発生する。攪拌羽根の回転数が大きくなると、器壁内側に円筒状の液膜を形成し、同図 B に示すような、いわゆる中空状態となる。同一回転数でも液量率、すなわち槽内容積に対する

* <Behavior of Flow and Power Consumption of Horizontal Stirred Vessel>

Received on June 22, 1970.

化学工学協会第32年会(東京, 1967年4月), 化学工学協会第1

回秋期大会(大阪, 1967年10月)にて一部研究発表

** Koji Ando, Hiroshi Hara (Dept. of Chem. Eng., Muroran Institute of Technology, Muroran, Japan)

*** Kazuo Endoh (北海道大学 Hokkaido Univ.)

	D_t	L	L/D_t	D_i/D_t
1	18.4	36.8	2	0.9
2	15.0	30.0	2	0.9
3	10.6	21.2	2	0.9

Fig. 1 Schema of experimental apparatus and impellers used

流量, ϵ が大きくなれば, B の状態をとりやすく, 搅拌羽根のレイノルズ数に関する槽径, 粘度などによっても多少影響される。A, B 2つの流動状態の転移点は, 履歴によって左右され, A から B への転移回転数は, B から A への転移回転数より大きいことが認められた。したがって, 履歴によっては同一装置を用い, 流量率の等しい状態においても, 限られた回転数の範囲内では, A あるいは B の状態をとりうることになる。写真 Fig. 2 はこの一例を示したものであり, それぞれのとりうる状態は, その回転数に至る履歴, すなわち回転数の増大によって, あるいは減少によって定まり, ステップ的な回転数の増, 減過程に関しては実験を行っていないが, とともに十分時間的に安定な状態を保っている。しかし, 流量率が 0.8 より大きい範囲では, A, B 状態の転移に関する履歴は顕著には現われず, A→B 転移は, B→A 転移とはほぼ一致する傾向がみられる。

動力数 $N_p (=Pg_c/\rho n^3 D_t^5)$ とフルード数 $N_{Fr} (=n^2 D_t/g)$ との関係を図 3 に示した。両者の関係は, 上記の流動状態 A, B に対応する 2つのグループに分かれている。図上の a, b, c, d 点はそれぞれ Fig. 2 の写真 a, b, c, d に対応している。状態 B では, 動力関数はフルード数によらず一定値をとる傾向が認められ, 同図点線で示す方向に, 流動状態 A, B が転移した。Fig. 4 は, 各流量率における 4 枚羽根の動力数とフルード数との関係を示したものであり, A 状態のみについてプロットしている。各流量率とも, フルード数のある値で異なる挙動を示す 2つの直線で近似される。フルード数の小さい側の直線に対応する槽内流動状態を A_1 , 大きい側に対応する状態を A_2 と呼べば, A_1 状態では, 羽根によってかき上げられた液は, 円筒内壁に沿って比較的上部まで昇るが, Fig. 2 の a) の写真にみられるように, 斜め方向の循環流が支配的である。 A_2 状態に至ると, 羽根によ

Fig. 2 Behavior of flow

ってかき上げられた液が壁に沿って一巡し, 流下する割合が多くなる。つまり A_1 のような斜め方向の循環流は, ほとんどなくなり, 写真 b) のように円筒壁に沿って循環する流れがほとんどとなる。なお, 流量率が小さく, 0.3 程度以下では, 高速回転でも中空状態をとらず, A_2 の状態が保たれることが観察された。

Fig. 5, Fig. 6 は A_1 → A_2 転移点と流量率, フルード数, 動力数相互の関係を示したものであり, 図示の流量率範囲においては

$$N_p \propto \epsilon^2, \quad N_{Fr} \propto \epsilon^{-3.3} \quad (1)$$

なる関係が認められる。

B 状態に関しても観察結果を区分すれば, 2つのパターンに分かれる。すなわち, 前述 Fig. 2 の B 状態のうち, A 状態への転移回転数近傍における状態は, 写真 d) のごとく気液界面が V 型に変化する。気液界面が水平軸に対して平行の状態を B_1 , V 型の状態を B_2 と名づけられ, 回転数によって, 気・液界面の形状が変動する B_2 では, 動力関数に対するフルード数の影響が現れてくる。

2.2 槽内の流動状態と動力数との関係

Fig. 3, Fig. 7 は, とともに $\epsilon=0.5$ における N_p と N_{Fr} との関係であり, 羽根数のみが異なっている。両図とも, 搅拌液の粘度, 槽径の変化にかかわらず, えられたデータはほとんど同一の相関によって表わされている。し

Fig. 3 Relation between N_{Fr} and N_P

Fig. 5 Effect of ε on the value of N_{Fr} corresponded to the transition point from the state A_1 to A_2

Fig. 4 Correlation of N_P with N_{Fr} (A state)

Fig. 6 Effect of ε on the value of N_P corresponded to the transition point from the state A_1 to A_2

たがって、 N_P におよぼすレイノルズ数 $N_{Re} (= \rho n D_t^2 / \mu)$ の影響は無視しうるものと考えられる。玉木⁹⁾は、本実験と類似の横型攪拌槽の所要動力を、比較的フルード数の小さい範囲内で測定し、 $\varepsilon < 0.7$ 、 $N_{Fr} > 10^{-2}$ では、 N_P に及ぼす N_{Re} の影響は小さいと報告している。 $N_{Fr} > 10^{-1}$ で行なっている本実験の場合も、A・B転移点付近をのぞけば、 N_P におよぼす N_{Re} の影響は、ほとんど無視しうるものと考えられる。

前述のごとく、A状態を2つの流動状態、 A_1 、 A_2 の領域に区分すれば、4枚羽根に関しては

$$A_1 \text{ 状態では: } N_P = K_1 N_{Fr}^{-0.5} \quad (2)$$

$$K_1 = f_1(\varepsilon)$$

$$A_2 \text{ 状態では: } N_P = K_2 N_{Fr}^{-1.2} \quad (3)$$

$$K_2 = f_2(\varepsilon)$$

となる。また動力数に対する液量率の影響はFig. 8のようになり、液量率の増加にしたがい動力数もまた増加している。玉木⁹⁾らは、 $N_{Fr} > 3 \times 10^{-2}$ において、 $N_P \propto Fr^{-0.5}$ 、 $N_P \propto \varepsilon$ をえており、本実験の A_1 状態の結果も類似の結果を示している。

液量率の影響は、図示Fig. 8のごとく、単純な関係では表わしえないが、気・液接触装置としては実用上意味をもちうるのは、装置の構成によって異なるにせよ、実用操作に関する既往の結果などから、液量率が0.3以上、0.8以下程度と考えられる。また、気・液接触装置としては、界面積の大きいA状態がB状態よりも好ましいことは当然であり、したがって、A状態を保ちうるための条件、すなわちA・B転移点を規定する操作条件と、この実用液量率範囲における動力数とフルード数と

Fig. 7 Correlation between N_{Fr} and N_F

Fig. 9 Relation between N_{Be} and N_{Fr} , corresponded to the transition point from state A to B

Fig. 8 Effect of liquid content on Power No.

の関係が、実用装置の操作条件を評価する一つの基準となろう。以下、動力数と操作条件との関係の検討は、このような見地から液量率の比較的大きい、実用範囲を対象として行なった。

A→B, B→A 転移時における N_{Fr} と、その状態における N_{Re} との関係を示したのが Figs. 9, 10 である。各液量率とも、 N_{Re} が大きくなれば、より小さい N_{Fr} で転移する傾向が認められる。A→B 転移におけるフルード数は、2枚羽根のそれと4枚羽根のそれとが大差がないのに対して、B→A 転移では、2枚羽根のフルード数は、4枚羽根のフルード数の約2倍になっている。このことは、A 状態において動力数が A→B 転移の近傍では、羽根数に無関係な値になるのに対して、B 状態では、羽根数に比例した値を示すためであろう。Figs. 9, 10 のデータを整理すれば、 $N_{Re}=10^5$ について Fig. 11 がえられ、 $\epsilon=0.5\sim 0.8$ について、転移条件を示す実験式として次式がえられる。

$$A \rightarrow B \text{ 転移: } N_{Fr} \cdot N_{Re}^{0.12} \cdot \epsilon^{4.0} = K_3 \quad (4)$$

$$K_3 = 1.8: 2 \text{ 枚羽根} \\ = 1.5: 4 \text{ 枚羽根}$$

$$B \rightarrow A \text{ 転移: } N_{Fr} \cdot N_{Re}^{0.25} \cdot \epsilon^{4.0} = K_4 \quad (5)$$

$$K_4 = 3.9: 2 \text{ 枚羽根} \\ = 1.5: 4 \text{ 枚羽根}$$

したがって、A 状態を保つための操作条件は、本実験範

Fig. 10 Relation between N_{Re} and N_{Fr} , corresponded to the transition point from state B to A

Fig. 11 Relation between N_{Fr} and ϵ corresponded to the transition point from A to B and from B to A

Fig. 12 Experimental correlation of N_P with N_{Fr} and ϵ (4 blade impeller)

Fig. 13 Experimental correlation of N_P with N_{Fr} and ϵ (2 blade impeller)

図においては

$$N_{Fr} < K_3 / N_{Re}^{0.12} \cdot \epsilon^{4.0} \quad (6)$$

となる。

$A_1 \cdot A_2$ 転移点に関する前述 Eq.(1) を用いて、異なる流量率においても $A_1 \cdot A_2$ 転移点を合致させるように、 N_P / ϵ^2 と $N_{Fr} \cdot \epsilon^{3.3}$ との実験的相関を試みたのが Figs. 12, 13 である。装置規模の影響は直接には現われず、B 状態を含め良好な相関関係が現われている。動力数と液

量率の関係は、Fig. 8 のごとく単純ではないため、流量率の広い範囲にわたって、単純な関数形によって動力数とフルード数との関係を表わすことは困難であり、図示の相関は流量率の限られた範囲についてのみ成立する。すなわち、4 枚羽根に関する Fig. 12 は $\epsilon = 0.5 \sim 0.7$ について、2 枚羽根に関する Fig. 13 は $\epsilon = 0.45 \sim 0.8$ についてえられたデータのみを整理したものである。この流量率の範囲は、気・液接触装置としての横型攪拌槽の操作条件としては、実用の範囲に含まれている。上述 Eq.(6) の条件を用いれば、 $N_{Fr} \cdot \epsilon^{3.3} < K_3 / N_{Re}^{0.12} \cdot \epsilon^{0.7}$ すなわち、 $K_3 / N_{Re}^{0.12} \cdot \epsilon^{0.7}$ の値よりも小さな値に対応する横軸が、A 状態を維持する条件であり、このような範囲に選ぶことによって、実用の動力数が推定できることになる。

結 論

直径 10.6~18.4 cm、長さ 21.3~36.8 cm の横型攪拌槽を用い、2 枚羽根、4 枚羽根タービン型攪拌羽根によって、槽内の流動状態の変化を規定する操作条件について検討し、動力消費との関係をもとめた。

えられた結果は下記である。

1) 槽内の液が内壁に沿って流れ、回転の中心軸近傍が中空となる状態 (B) と、気・液接触に有効な、中空部が形成されぬ状態 (A) との転移条件は Eqs.(4), (5) で表わされる。

2) 流量率 ϵ が 0.45~0.8 の範囲では、動力数と、フルード数、流量率との関係は Figs. 12, 13 のごとく、つぎのように表わすことができる。

$$N_P / \epsilon^2 = f(N_{Fr} \cdot \epsilon^{3.3})$$

Nomenclature

D_i = diameter of impeller	[cm]	P = power consumption	[g·cm/sec]
D_v = diameter of vessel	[cm]	V_0 = volume of vessel	[cm]
g = acceleration of gravity	[cm/sec]	V_i = volume of liquid in vessel	[cm]
L = length of vessel	[cm]	W_i = impeller width	[cm]
N_{Fr} = Froude number ($=n^2 D_i / g$)	[—]	ϵ = ratio of volume of liquid to volume of vessel	[—]
N_P = Power number ($=Pg / \rho n^3 D_i^5$)	[—]	μ = viscosity of liquid	[g/cm·sec]
N_{Re} = Reynolds number ($=n D_i^2 / \mu$)	[—]	ρ = density of liquid	[g/cm]
n = rotational speed of impeller	[1/sec]		

Literature cited

- 1) Gans, S.N.: *Zh. Prikl. Khim.*, **30**, 1311 (1957)
- 2) Murata, Y.: *Kagaku Kōgaku*, **31**, 1194 (1967)
- 3) Misaka, Y.: *Doctor Thesis*, Hokkaido Univ. (1967)
- 4) Tamaki, Y. and Itou, S.: Preprint of the 2nd Autumn Meeting of Soc. Chem. Eng. (Japan), p.133 (1968)

攪拌槽内の流動状態*

水 科 篤 郎** ・ 伊 藤 龍 象***
平 岡 節 郎**** ・ 田 中 稔*****
藤 本 浩 波**

京都大学工学部 化学工学教室**
名古屋工業大学 工業化学教室****

緒 言

攪拌槽内の流動状態は粒子浮遊による直視的観察、粒子飛跡写真による観測と流速測定、ピトー管による流速測定、電極反応による流速測定、熱線素子による流速測定などによって研究され、時間平均的な槽内流動は解明されてきた。また槽内の乱流状態も特殊な素子を用いて観察がなされるようになった。しかし槽内流動の槽壁への効果を考察した例は少なく、槽全体の時間平均伝熱係数と攪拌所要動力との相関について検討した報告¹⁾、タービン翼攪拌における流動と伝熱係数の相関について検討した報告¹⁾があるのみである。

本報では特殊電極を用いた電気化学的流速測定、乱流測定の可能性の検討を兼ねて、既報²⁾の攪拌装置と同型の邪魔板なし攪拌槽内の流動状態を測定し、槽内流動状態と槽壁輸送現象との関連性を考察し、また槽内の二次循環流の効果を解析的に検討した結果について報告する。

1. 実験装置および方法

実験装置の概略図とその寸法を Fig. 1 に示す。攪拌

* <Flow Patterns in Agitated Vessels with Paddle Type Impellers>

Received on February 25, 1970

化学工学協会第1回秋季大会(大阪大学, 1967年10月)および化学工学協会北陸大会(富山, 1967年11月)において講演発表

** Tokuro Mizushima and Koha Fujimoto (Dept. of Chem. Eng., Kyoto Univ., Kyoto, Japan)

*** Ryuzo Ito (大阪大学基礎工学部化学工学教室 Dept. of Chem. Eng., Osaka Univ., Toyonaka, Japan)

**** Setsuro Hiraoka (名古屋工業大学工業化学科 Dept. of Eng. Chem., Nagoya Inst. of Tech., Nagoya, Japan)

***** Minoru Tanaka (千代田化工建設株式会社 Chiyoda Chemical Engineering and Construction Co. Ltd., Japan)

槽は内径 10cm, 高さ 10cm のアクリル製密閉式攪拌槽であり、上底板には流速測定素子を挿入する長さ 3.5 cm, 幅 0.5cm のみぞが掘ってある。また下底板には電極反応に用いるニッケル製陽極板が取り付けられている。攪拌に用いたパドル翼は Table 1 に示す寸法のもので、翼取付位置は槽中心とした³⁾。攪拌のための駆動装置は 1/8HP モーターとリングコーン無段変速機を組合せて回転数を調節する。

流速測定は電極反応における限界電流の現象を利用した方法によった²⁾。流速測定用素子としての陰極は Fig. 2 に示すような L 字型電極を用いた。電極は直径 300 μ の白金線をガラスで被覆、絶縁し先端部を紙ヤスリ仕上げして白金線が露出するよう細工し、電極面となるよう

Fig. 1 Experimental apparatus for measuring time-smoothed velocity and velocity fluctuation in agitated vessel (agitated vessel)

Table 1 Impeller dimensions

b [cm]:	2,	3,	4,	5,	6,	7
d [cm]:	6.6					

混合蒸気の凝縮——不溶性二液の場合——(川崎順二郎・早川豊彦・藤田重文, 化学工学, 35, 431~436 (1971))

水と水にとけない数種の有機液体との二成分混合蒸気を用いて水平管外壁上における凝縮実験を行なった。蒸気側物質移動については Colburn-Drew の式が適用できることを確認しえられた物質移動係数 k_0 を無次元式に整理した。また凝縮液層の熱伝達係数は蒸気流速の影響を考慮することにより単一成分の凝縮における Nusselt の理論式に類似した無次元実験式に整理することができた。なお凝縮液の組成は k_0 , h_L および凝縮液層における温度降下などによって決まることを示した。

イソブレン抽出溶剤としてのアセトニトリル(榎本・稔・河内郎朗, 化学工学, 35, 437~442 (1971))

2-メチル-2-ブテン-イソブレン-アセトニトリルの三成分系の気液平衡を測定し, それをスムーズ化して等蒸気組成線図をえた。Van Laar の式によりこの系の蒸気組成推算が満足すべき精度でできた。

上記三成分系に水分を添加した場合, その相関係および炭化水素間の相対揮発度がどう変わるかを調べた。

管型熱分解炉による灯油の熱分解(杉山幸男・架谷昌信・水野雅彦・上村勝己, 化学工学, 35, 442~449 (1971))

非接触管型熱分解炉を用い, 水蒸気を稀釈ガスとして灯油の熱分解実験を行ない, 反応温度 550~750°C, 稀釈率 1.5~0.5 g-steam/g-kerosene および 滞留時間 0.3 sec 以下の実験範囲内でつぎのような結論をえた。

- 本実験範囲内において, ガス化率およびエチレン収率はそれぞれ 0.7g-gas/g-kerosene および 0.3g-ethylene/g-kerosene を越え, ナフサにくらべてけつて劣らないエチレン収量を灯油からも期待できる。
- 過熱な実験条件の場合をのぞいて, 反応を液成分の総括 1 次反応として取り扱った結果, 反応速度定数に

$$k = 7.9 \times 10^7 \exp(-32 \times 10^3/RT)$$
 をえた。
- 反応管軸方向の管壁温度分布は反応の進行にかなりの影響を与えるが, 本報告において導入された数値解式によりそれをほぼ妥当に見積ることができた。

水素ガスによる酸化第一銅の還元反応について(千田 信・只木慎力・前田四郎, 化学工学, 35, 449~454 (1971))

平板状の酸化第一銅を作り, 水素ガスによる還元実験(還元温度 215~340°C)をおこなったところ, 反応速度曲線(反応率と時間の関係を示す曲線)がシグモイド型となり, 反応初期に誘導期が存在した。さらに, 顕微鏡による観察から, 反応生成物である金属銅が試料表面に点状に生成し, それが固体内部に向かって半球状に成長してゆくという現象を認め, これが反応速度曲線をシグモイド型ならしめる原因と考えられる結果をえた。

気-固触媒反応の見かけ活性化エネルギーに関する一考察(笠岡成光・阪田祐作, 化学工学, 35, 455~461 (1971))

気-固触媒反応における見かけ活性化エネルギー(E_a)は等温系解析によれば, 内部拡散抵抗パラメータ(ϕ), 外部物質移動抵抗パラメータ(N_m), 外部表面反応パラメータ(σ), 化学反応活性化エネルギー(E_d), 内部拡散エネルギー(E_d)および外部物質移動エネルギー(E_f)の関数として表わされることを示し, さらに, 触媒体の特性(ϕ, σ)や操作条件(N_m)によっては, Arrhenius 型関係式に異常現象が起こる場合のあることなど, 各パラメータの影響度を系統的かつ数値的に明らかにするとともに, 外部表面積を考慮することの重要性を指摘した。

プレート型光化学反応器の解析——反応物の光吸収にもとづく光強度分布の反応収率に及ぼす影響——(菅原拓男・只木慎力・前田四郎, 化学工学, 35, 461~466 (1971))

平行平板間を $A \xrightarrow{k_p} B$ なる光化学反応を伴う流体が層流状に流れる場合, 反応速度が吸光量に比例し, かつ吸光量が Beer の法則に従うとして光強度分布, 濃度分布, 流量平均濃度の理論値を得, トリオギザレート鉄カリウム水溶液の光還元反応を利用した実験値と比較しほぼ良い一致をみた。入射光強度, 平均滞留時間が一定の場合, 初濃度を高めて光吸収の度合を大きくするにつれて平均反応率は低下し, かつ速度分布の影響が顕著でなくなる。

横型攪拌槽内の流動状態と攪拌動力(安藤公二・原 弘・遠藤一夫, 化学工学, 35, 466~471 (1971))

2 枚羽根, 4 枚羽根タービン型攪拌羽根が取り付けられた横型攪拌槽を用い, 槽内の流動状態の変化を規定する操作条件について検討し, 動力消費との関係をもとめ, 下記結果をえた。(1) 槽内の液が内壁に沿って流れ, 回転の中心軸近傍が中空となる状態(B)と, 気-液接触に有効な状態(A)との転移条件は, $N_{Fr} \cdot N_{Re}^{0.12} \cdot \epsilon^4 = K$ で表わされる。(2) N_P と N_{Fr} , 液量率 ϵ , の関係は $N_P/\epsilon^2 = f(N_{Fr} \cdot \epsilon^{3.3})$, $\epsilon = 0.45 \sim 0.8$ で表わすことができる。

攪拌槽内の流動状態(水科篤郎・伊藤龍象・平岡節郎・田中稔・藤本浩浩, 化学工学, 35, 471~477 (1971))

特殊電極を用いた電気化学的流速測定法により, 種々の翼幅を持つパドル型攪拌翼を用いた邪魔板なし攪拌槽内の時間平均流速分布および乱流変動を測定した。その結果, 翼幅が大きいパドル翼では二次循環流の吐出点が二点に分割されることが確かめられた。また, 回転流速分布の解析から, 回転流と二次循環流の関係が一次結合で表わされること, 攪拌槽壁での輸送現象に作用する流れは回転流であり, 二次循環流としての吐出流の直接の作用は無視小であることを確かめた。

<化学工学データ>

酢酸 + 水 + 脂肪族ケトン系の液液平衡(井口昭洋・布施憲司, 化学工学, 35, 477~480 (1971))

酢酸+水+脂肪族ケトン(メチルエチルケトン, メチルイソブチルケトン, ジイソブチルケトン)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えた。

平衡相の酸の濃度は Hand のプロットや Hirata のプロットによってよく相関される。プレイトポイントの値は Treybal の方法とわれわれの方法で推定した。

これらの系には同族列ケトンをふくむが, 溶解度曲線や分配曲線の形状はそれぞれ異なる。そして, ジイソブチルケトンの系では, むしろ炭化水素との系に似ている。

<技術報告>

溶液からの析出を伴う凝集現象(坂本憲一・金原幹夫・松下賢庸, 化学工学, 35, 481~484 (1971))

アルミン酸ナトリウム溶液に種子を添加しジブサイトを析出させる際, 析出条件を適当に選ぶと種子の凝集が起るが, この凝集現象について実験的, 理論的検討を行ない, この系の凝集の起る条件を定量的に明らかにするとともに, 凝集速度と, 析出諸条件との関係式を得た。

<寄 書>

液-液多孔板抽出塔の分散相液厚みの応答速度(城塚 正・荒川秀夫・曾根 勇, 化学工学, 35, 484~486 (1971))

多孔板抽出塔の分散相液厚みの応答速度は塔頂段が他段に比較して最も遅い。この分散相流量変動に対する塔頂段の応答は, 応答初期の逆応答がない場合近似的に一次形で表現できる。その一次形の時定数と実験から得た時定数とは ±10% 以内で一致した。したがって塔が定常状態から次の定常状態に達するまでの時間は, この時定数で評価できる。

ワイセンベルク圧押出機による高分子融体の粘弾性測定法(林田建世, 化学工学, 35, 486~488 (1971))

高分子融体の粘弾性測定の一方法としてワイセンベルクレオゴニオメータが使用されているが, この装置の難点は測定中同一試料を一定空間中に密閉し絶えず剪断を加えるために試料が熱分解を起しやすいという点であろう。筆者はワイセンベルク圧押出機を利用すれば材料の滞留時間が比較的短かいので上記の難点を克服できることに着目し, 平行円板型および円錐円板型についてワイセンベルク圧の分布の実測から高分子融体の粘弾性測定が可能であることを確かめた。

<Chemical Engineering Data>

Liquid-Liquid Equilibria of the Systems Acetic Acid+Water+Aliphatic Ketone, A. Iguchi (Musashi Inst. of Tech.) and K. Fuse (Tokyo Inst. of Tech.) *Kagaku Kōgaku*, 35, 477~480 (1971)

Solubility curve and tie-lines were determined for the systems acetic acid+water+aliphatic ketone (methyl ethyl ketone, methyl isobutyl ketone, diisobutyl ketone) at 25°C.

The concentration of acetic acid in equilibrium layers were well correlated by Hand's plots and Hirata's plots.

The plait point was located by the method of Treybal, Weber and Daley or from extrapolation of author's correlation line.

Although the homologous ketone is one of the components of each mixture, the shapes of solubility curves and distribution curves are considerably different for these systems.

The curves for the acetic acid+water+diisobutyl ketone are resemble to curves for the acetic acid+water+hydrocarbon systems.

<Technical Report>

On the Agglomeration Phenomenon with Crystallization, K. Sakamoto, M. Kanehara and K. Matsushita (Nippon Light Metal Research Laboratory, Ltd.)

Kagaku Kōgaku, 35, 481~484 (1971)

Under some conditions, the early stage of the crystallization process of gibbsite in sodium aluminate solution is accompanied by an agglomeration in addition to the growth on the crystal surface of the seed.

This paper deals with this agglomeration phenomenon experimentally and theoretically. And a critical condition of agglomeration was made clear quantitatively and a correlative equation between the agglomeration rate and crystallization conditions was obtained.

<Short Communications>

The Time Constant of Dispersed Phase Hold-up in the Liquid-Liquid Extraction Column, T. Shirotsuka, H. Arakawa (Waseda Univ.) and I. Sone (Mitsubishi Chemical Industries Ltd.)

Kagaku Kōgaku, 35, 484~486 (1971)

In the absence of reversed responses, in a liquid-liquid perforated plate extraction column, unsteady state dispersed phase hold-up characteristics of the top plate are approximately expressed by a first order transfer function for the change of dispersed phase inlet flow rates.

The time constants for the top plate are larger than that of the other plates, then the time constants of the column hydraulics are represented by that of the top plate.

The theoretical time constants are in good agreement with the experimental one that were obtained for water-kerosene systems.

New Method of Measurement of Viscoelastic Properties of Polymer Melt by using the So-called Screwless Extruder, K. Hayashida (Kyoto Univ. of Industrial Arts and Textile Fibers)

Kagaku Kōgaku, 35, 486~488 (1971)

For the measurement of viscoelastic properties of polymer melt, the Weissenberg-Rheogoniometer is often used. In these apparatus, however, the same heated testing material must be charged in a definite space and be subjected to the continuous shearing action during the measurement and consequently it tends to degrade. Hence, the author has newly attempted to use the so-called screwless extruder in which the residence time of material is relatively short, measuring the profile of Weissenberg pressure.

On Apparent Activation Energy of Solid-Catalyzed Gas-Phase Reaction, S. Kasaoka and Y. Sakata (Okayama Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 455~461 (1971)

The effect of the external surface reaction as well as the physical transfer phenomena on the apparent activation energy of solid catalyzed gas-phase reaction was theoretically investigated.

As a result, it was proved for an isothermal reaction system that the apparent activation energy (E_a) is expressed as functions of ϕ (ratio of internal diffusional resistance to chemical reaction resistance), N_m (ratio of internal diffusional resistance to external mass transfer resistance), σ (ratio of internal to external surface area), E_t (chemical reaction energy), E_d (internal diffusion energy) and E_f (external mass transfer energy).

Furthermore, it was numerically indicated that the extraordinary phenomena occurs in the Arrhenius-type plots, and that the consideration of the external surface area (external surface reaction) is very important according to the difference of solid properties (ϕ , σ) and operation conditions (N_m).

On the Analysis of Plate-type Photochemical Reactor—Effect of Light Intensity Distribution due to the Absorption of Light by the Reactant on the Conversion—, T. Sugawara, T. Tadaki and S. Maeda (Tohoku Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 461~466 (1971)

Light intensity and reactant concentration profiles in a laminar-flow, parallel plate photochemical reactor are theoretically presented, assuming that reaction rate is proportional to the radiant energy absorbed and Beer's law is valid.

Experimental results of the photoreduction of ferric potassium oxalate solution, conducted in a thin glass duct with fluorescent illumination, are in good agreement with theoretical ones.

Optical thickness, reaction rate, diffusion rate and residence time are correlated to the conversion. At constant incident light intensity and constant mean residence time, the effect of the velocity profile on the average conversion becomes smaller when reactant concentration is higher so as to be optically thicker.

Behavior of Flow and Power Consumption of Horizontal Stirred Vessel, K. Andou, H. Hara (Muroran Institute of Technology) and K. Endoh (Hokkaido University)

Kagaku Kōgaku, 35, 466~471 (1971)

With the horizontal cylindrical vessel agitated by 2 or 4 bladed turbine impeller, studies were made to detect a relation between power characteristics and the behaviors of flow. Results obtained were:

1) When rotational speed of impeller is large enough, liquid flows along the inner wall of cylinder. (named B state)

With decrease of impeller speed, this flow pattern changes to the state, liquid was scrubbed by the impeller. (named A state) The transitional point A to B and B to A were expressed by

A-B transition: $N_F N_{Re}^{0.12} \epsilon^{4.0} = K_3$
 $K_3 = 1.8$: 2 bladed turbine
 $= 1.5$: 4 bladed turbine

B-A transition: $N_F N_{Re}^{0.25} \epsilon^{4.0} = K_4$
 $K_4 = 3.9$: 2 bladed turbine
 $= 1.5$: 4 bladed turbine

2) Correlation between N_P , N_F and ϵ was expressed by $N_P / \epsilon^2 = f(N_F \epsilon^{3.3})$, $\epsilon = 0.45 \sim 0.8$.

Flow Patterns in Agitated Vessels with Paddle Type Impellers, T. Mizushima, R. Ito, S. Hiraoka, M. Tanaka and K. Fujimoto (Kyoto Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 471~477 (1971)

Time-smoothed velocity and velocity fluctuation in non-baffle type agitated vessels with paddle impellers of various widths were measured by electrochemical method. The results show that the jet point of circulation flow from wider impellers is divided into two.

Besides, from analytical study of rotational velocity distribution, it was found that the relationship between rotational and radial velocity components was linear and that the transport phenomena at the wall of agitated vessel were influenced strongly by the rotational flow but slightly by the radial jet flow.

Condensation of Binary Mixture of Vapor of Immiscible Liquids, J. Kawasaki, T. Hayakawa and S. Fujita (Tokyo Inst. of Tech.)

Kagaku Kōgaku, 35, 431~436 (1971)

An experimental study was carried out on the condensation of binary mixture of vapors of immiscible liquids on the outer surface of a horizontal tube of three different diameters.

Vapor-phase mass transfer was confirmed to be described by Colburn-Drew's equation and mass transfer coefficients k_p were correlated by dimensionless equation.

Condensing heat transfer coefficients h_i were well correlated by the modified Nusselt type equation with the effect of vapor flow rate to some extent.

Furthermore, it was shown that composition of condensate was related to k_p , h_i and temperature difference through condensate layer.

Acetonitrile as an Extractive Distillation Solvent for Separation of Isoprene, M. Enomoto (Resources Research Institute) and I. Kawauchi (Chiba Institute of Technology)

Kagaku Kōgaku, 35, 437~442 (1971)

After observation of vapor-liquid equilibrium of the ternary system, 2-methyl-2-butene-isoprene-acetonitrile, the smoothed iso-vapor composition diagram was given. The ternary vapor composition could be estimated from two individual binary data, 2-methyl-2-butene-acetonitrile and isoprene-acetonitrile, according to Van Laar equation without any large error.

The phase behavior and the degree of improvement in relative volatility of isoprene to 2-methyl-2-butene, when water was added to the ternary system, were also reported.

Thermal Cracking of Kerosene in Tubular Cracker, S. Sugiyama (Nagoya Univ.), M. Hasatani (Gifu Univ.), M. Mizuno (Daisel Co.) and K. Uemura (Ube Kosan Co.)

Kagaku Kōgaku, 35, 442~449 (1971)

Thermal cracking of kerosene was carried out in a non-catalytic tubular cracker using steam as dilution gas, and the following conclusions were obtained under the conditions, cracking temperature 550~570°C, dilution ratio 1.5~5.5 g-steam/g-kerosene and residence time 0.3 sec,

1) Total gas conversion and ethylene conversion were over respective 0.7 g-gas/g-kerosene and 0.3 g-ethylene/g-kerosene according to conditions, and this ethylene yield of kerosene is not less than that of naphtha.

2) Thermal cracking was assumed to proceed according to 1st order reaction of liquid component except severe conditions, and the rate constant was calculated as

$$k = 7.9 \times 10^7 \exp(-32 \times 10^3/RT)$$

3) The effects of axial temperature distributions of tube wall on cracking progress were analysed numerically, and calculation results showed a fairly good agreement with experimental data.

On the Reduction of Cuprous Oxide with Hydrogen Gas, T. Chiba, T. Tadaki and S. Maeda (Tohoku Univ.)

Kagaku Kōgaku, 35, 449~454 (1971)

The reduction of cuprous oxide, in the form of flat plate, in hydrogen gas was performed in a flow system at temperatures from 215 to 340°C. It was found that the conversion-time curves had sigmoid shape, or the induction period appeared at the initial stage of the reaction. While, from the experimental studies using a microscope, it was also found that nuclei of metallic copper evolved on the solid surface at random and spreaded inward the solid with the form of hemisphere.

Mathematical model taking account of these phenomena qualitatively explained the sigmoid shape conversion curves.