液柱塔および濡れ壁塔における苛性ソーダ水溶液による炭酸ガスの吸収*

正 田 晴 夫**・浅 井 悟**

1. 結 言

充填塔の液相物質移動に関するここ数年来の研究^{5,7,9)}によって、少なくとも物理吸収の場合にはその吸収機構が透過説に従うことがほぼ明らかになった。この結果から液相内で化学反応のおこる、いわゆる反応吸収の場合の取り扱いも当然透過説にもとづくべきことが推論され、このような観点から最近の反応吸収に関する実験的研究には、濡れ壁塔や液柱塔など透過説の適用できる基礎実験装置を用いて得た実験結果を透過説に準拠した反応吸収理論によって解析しようと試みたものが多い。

しかしながら代表的な反応系の一つと考えられる不可逆2次反応のような比較的簡単な反応を伴う場合に対してさえ、拡散方程式が非線型となるため吸収速度に対する一般的な理論解は得られておらず、したがって既往の実験的研究も解析解の得られている2つの極限的な場合、すなわち瞬間反応吸収または擬1次反応吸収と近似できる場合を主として対象としている。

そこで著者らは液柱塔および濡れ壁塔を用いて各種濃度の苛性ソーダ水溶液による純炭酸ガスの吸収実験を行ない、擬1次反応域から瞬間反応域までの広範囲にわたって吸収速度を測定するとともに、これらの実験結果および既往の実験結果を前報⁹⁾で提出した一般的な不可逆反応吸収に対する近似理論式と比較検討した。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の概略を Fig. 1 に示す。装置の主要部は図示のごとく空気恒温槽に入れ、ガスおよび吸収液の温度を $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$ のほぼ一定値に保った。ガスとしては気相抵抗を除く目的でボンベからの炭酸ガスを純粋 (99% 以上) のまま使用し、また吸収液としては 0.125, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0 規定の計 5 種の濃度の苛性ソーダ水溶液

および純水を用いた。吸収塔としては気液接触時間を広範囲に変化させる必要から液柱塔および濡れ壁塔の両者を使用した。

Fig. 2 は液柱塔を示す。液ノズルは真鍮製で、形状は Scriven ら¹⁰⁾の用いたものとはほぼ同一であり、その孔径は 1.60mm である。受液管としては液柱直径よりもわずかに太い内径 2.0mm のガラス管を用い、受液管内の自由液表面からの吸収を防いだ。液柱長さを 0.5~8cm、液流量を 3~7cc/sec に変化させることにより、気液接触時間として 0.0015~0.05sec の範囲内の値が得られた。Fig. 3 は濡れ壁塔を示す。濡れ壁部は外径 1.30cm の直鍮製円管で、吸収液は塔底から濡れ壁管内を上昇したのち管頂周辺のスリットから押し出され、管外壁に沿って流下する。本濡れ壁塔では濡れ壁部長さを 3~36cm、液流量を 1.3~12cc/sec の範囲内で変化させることにより、0.04~1.5sec の気液接触時間が得られた。なお濡れ壁塔での実験では、流下液膜表面の波立ちを除去する目的で吸収液にあらかじめ非イオン活性剤 “スコアロール 100” (花王石鹼株式会社製) を 0.05wt% 添加した。

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

* <Absorption of Carbon Dioxide into Sodium Hydroxide Solutions in a Liquid Jet Column and a Wetted-wall Column>
Received on April 1, 1964

** Haruo Hikita and Satoru Asai (Department of Chemical Engineering, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka, Japan)

Fig. 2 Liquid jet column

Fig. 3 Wetted-wall column

吸収速度の測定は分析法によらず、Nijsing ら¹¹⁾と同様に石けん膜流量計を用いて行なった。すなわち、まずボンベから純炭酸ガスを一定時間流して装置内の空気を追い出したのち、石けん膜流量計の上部に石けん膜を形成させ、さらに塔底のコック C_G を閉じて吸収塔および石けん膜流量計内を水蒸気で飽和された純炭酸ガスでみたす。ついで液コック C_L を開いて所定の流量の吸収液を吸収塔内に流せば塔内で吸収がおり、流量計内の石けん膜が下降するからその下降速度をはかれば吸収速度が測定できる。

3. 物理吸収に対する実験結果

反応吸収実験に先だち、液柱塔および濡れ壁塔における液相内物質移動機構が滲透説に従うことを確かめる目的で純炭酸ガスの水 (30°C) による吸収実験を行ない、得られた吸収速度の実測値を滲透説にもとづく理論式⁶⁾

$$NA^* = 2A_i \sqrt{D_A / \pi t} \quad (1)$$

と比較した。

(1) 式中の気液接触時間 t としては、液柱塔の実験では液柱内の速度分布が均一であるとして次式

$$t = h / \bar{u} = \pi d^2 h / 4V \quad (2)$$

から、濡れ壁塔の場合には気液界面近傍での液膜内流速分布がほぼ均一で液膜表面速度 u_s に等しく、これが Nusselt の理論式¹²⁾によって与えられるものと仮定して

次式

$$t = h / u_s = (2h/3)(3\pi^2 d^2 \mu / g \rho V^2)^{1/3} \quad (3)$$

から算出した。ただし濡れ壁塔においては、Lynn ら¹⁰⁾をはじめ多くの研究者によって明らかにされているように、濡れ壁部下端の流下液膜表面が受液管内の自由液表面から生長したうすい静止液膜で被覆されるが、この部分は物質移動速度がきわめて小さいため負の端効果を呈し、したがって濡れ壁塔での吸収速度の解析はこの静止液膜部を除外したいいわゆる有効液膜部について行なう必要がある。そこで著者らは NA^* ならびに t の算出に必要な濡れ壁部長さ h として、全長 h_t から静止液膜の長さ h_s を差引いた値を使用した。

この静止液膜長さは Nijsing ら¹¹⁾と同様に、実測された塔全体の吸収速度の2乗 MA^2 を濡れ壁塔の全長 h_t に対して点綴し、得られた直線の横軸の切片の値から求めた。Fig. 4 はこの点綴を示す。本点綴によって $Q = 12.0, 5.24, 1.29 \text{ cc/sec}$ のそれぞれ一定液流量に対する h_s の値として、 $h_s = 1.5, 1.8, 2.5 \text{ cm}$ が得られた。これらの値は観察による静止液膜長さの値ともほぼ一致して

いる。

Fig. 5 は液柱塔および濡れ壁塔における全実験結果を $NA^* / A_i \sqrt{D_A}$ 対 t の対数点綴として示したものである。本点綴にあたり A_i としては Bohr¹¹⁾の実測値 $1.25 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$, D_A としては Nijsing ら¹¹⁾の実測値 $2.26 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ を採用した。図中の実線は Higbie の理論式 (1) 式をあらわすが、実測値との一致はきわめて良好である。したがってこの結果から、液柱塔、濡れ壁塔ともに滲透説を満足するような液の流動条件を与えること、濡れ壁塔での端効果の補正が妥当なこと、液柱塔での端効果が無視小であることなどが結論できる。

4. 反応吸収に対する実験結果

一般に濡れ壁塔の反応吸収実験においては流下液膜下端の静止液膜部での吸収速度が必ずしも常に無視少となるとは考えられない。瞬間反応吸収と近似できるような条件下では、吸収速度は溶解ガスの反応面への物理拡散速度に等しいから、物理吸収の場合と全く同様に静止液膜部は物質移動に対して不活性となるものと思われるが、擬 m 次反応吸収域では吸収速度が液の流動状態には無関係に一定となる⁸⁾から、この場合には静止液膜部も流動液膜部と全く同一の吸収能を示すものと考えられる。したがって静止液膜部の呈する端効果に相当する長さは、反応吸収機構が瞬間反応域から擬 m 次反応域

へと変化するにつれて、物理吸収に対する値から0まで漸次変化するものと推論される。しかしながら本研究で行なったNaOH-CO₂系の反応吸収実験では、濡れ壁塔での反応吸収機構が主として瞬間反応吸収またはこれに近い機構に対応することが予想されたので、端効果としては前述の物理吸収実験で得られた値をそのまま使用し、有効液膜長さとして濡れ壁部全長からこの値を差引いた値を用いた。

Fig. 6は液柱塔および濡れ壁塔における実験結果を平均吸収速度 N_A 対気液接触時間 t の関係として対数点綴したものである。図から明かなように、濡れ壁塔に対する実験結果のうち、2N-NaOH水溶液に対する N_A の値が t の小さい所で多少上方に偏倚するが、他は液柱塔で得られた結果と平滑に接続しており、上述の端効果の補正がほぼ妥当なことを示している。

5. 実験結果の解析と考察

すでに多くの人々の研究によって明かなように、液中の溶液炭酸ガスと苛性ソーダとの反応は、総括的には

のようにあらわされるが、この反応は

の順におこり、(6)の反応は(5)の反応にくらべて速度が速いため全体としては(5)の反応が律速段階となる。さらにOH⁻の濃度が高い場合(pH>10)にはHCO₃⁻の平衡濃度が無視できるから反応(5)、(6)をいずれも不可逆反応とみなして差支えない。したがって総括反応(4)はCO₂およびOH⁻に関してそれぞれ1次の不可逆2次反応と考えて取扱うことができる。

不可逆2次反応を伴うガス吸収に対しては、前述のように拡散方程式が非線型となるため、瞬間反応吸収および擬1次反応吸収の両極限の場合しか吸収速度に対する解析解が得られていない。したがって一般的非瞬間反応吸収域に対する実験結果の理論的解析は電子計算機による数値解または近似理論解によらなければならない。著者らは前報²⁾で溶解ガスと液中反応溶

Fig. 4 Determination of end effect in a wetted-wall column

Fig. 5 Absorption rate of CO₂ into water

Fig. 6 Absorption rate of CO₂ into NaOH solutions

質に関して任意の次数の不可逆反応を伴う場合のガス吸収に対する近似理論式を提出し、これが数値解とも良く一致することを示したが、以下では本近似理論式にもとづいて実験結果の解析を行なう。

Fig. 7 Reaction factor for absorption of CO_2 into NaOH solutions

Table 1 Physical and chemical properties of CO_2 -NaOH system

B_0 [g-mol/l]	$A_i \times 10^3$ [g/cm ²]	$D_A \times 10^5$ [cm ² /sec]	D_B/D_A	$k \times 10^4$ [1/g-mol-sec]
0 (water)	1.25	2.26	1.65	—
0.125	1.20	2.20	1.65	1.33
0.250	1.16	2.14	1.65	1.445
0.50	1.07	2.02	1.65	1.66
1.00	0.91	1.80	1.65	2.125
2.00	0.66	1.41	1.65	3.14

透過説に準拠した不可逆2次反応吸収に対する平均吸収速度は反応係数を用いて次式

$$N_A = \beta N_A^* = \beta (2 A_i \sqrt{D_A / \pi t}) \quad (7)$$

のようにあらわれ、反応係数 β は著者らの近似理論によれば次式で与えられる⁹⁾。

$$\beta = [\gamma \eta + (\pi/8 \gamma)] \operatorname{erf}(2 \gamma \eta / \sqrt{\pi}) + (1/2) \exp(-4 \gamma^2 \eta^2 / \pi) \quad (8)$$

$$\gamma = \sqrt{(\pi/4) k B_0 t} \quad (9)$$

$$\eta = \sqrt{(\beta_\infty - \beta) / (\beta_\infty - 1)} \quad (10)$$

ただし(10)式中の β_∞ は瞬間反応吸収に対する β の値を意味し、次式¹⁷⁾から算出できる。

$$\beta_\infty = 1 / \operatorname{erf}(\sigma) \quad (11)$$

$$(\sqrt{D_B} B_0 / 2 \sqrt{D_A} A_i) \operatorname{erf}(\sigma) \exp[\sigma^2 (1 - D_A / D_B)] + \operatorname{erf}(\sqrt{D_A / D_B} \sigma) = 1 \quad (12)$$

本研究での実験結果と(8)式との比較検討を行なう目的で、Fig. 6に示した N_A 対 t の点綴を β 対 γ の点綴に書き直したものがFig. 7である。 β の値は(7)式を用いて算出したが、このさい、 A_i 、 D_A としてはそれぞ

れ各濃度の苛性ソーダ水溶液に対する推算値を使用した。 A_i の推算は van Krevelen らの方法¹⁸⁾によって行なった。反応吸収の機構から考えれば A_i として、擬1次反応吸収域では NaOH 水溶液に対する値、瞬間反応吸収域では同規定の Na_2CO_3 水溶液に対する値を採用すべきであるが、これら両液に対する A_i の推算値はほとんど同一値を示し、2N 水溶液に対しても両者が3.4%の僅少差で一致したから、擬1次反応域から瞬間反応域までの全域にわたって A_i を一定と考え両液に対する推算値の算術平均値を使用した。また CO_2 の苛性ソーダ水溶液中の拡散係数 D_A としては水に対する値 $2.26 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ に Stokes-Einstein の関係式によって吸収液の粘度補正を行な

った値を用いたが、この場合にも NaOH 水溶液、 Na_2CO_3 水溶液に対する D_A の推算値の算術平均値を採用した。平均値使用によって生じる誤差は2N 水溶液に対する場合が最も大きい、その場合でも $\pm 6\%$ 以内である。 γ の値は(9)式から計算したが、2次反応速度定数 k の値としては、Pinsent ら¹⁹⁾の無限稀釈水溶液に対する 20°C での実測値 $5,900 \text{ l/g-mol-sec}$ にイオン強度の補正を行ない、さらに活性化エネルギー $E = 13,500 \text{ cal/g-mol}$ の値を用いて温度補正した値を使用した。なお β_∞ の計算には、(11)、(12)式から明らかのように、 D_B/D_A の値すなわち OH^- と CO_2 の液相内拡散係数の比が必要であるが、著者らは Nijsing ら¹¹⁾と同様にこの比が苛性ソーダ水溶液の濃度には無関係に一定であると仮定し、Vinograd ら¹⁹⁾の推算法によって求めた 30°C での無限稀釈水溶液に対する OH^- の拡散係数 $3.72 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ と水中での CO_2 の拡散係数 $2.26 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ との比1.65を D_B/D_A として採用した。Table 1は本実験で使用了5種の苛性ソーダ水溶液に対し、上述の推算法で求めた A_i 、 D_A 、 k 、 D_B/D_A の値を表示したものである。

Fig. 7中の実線はそれぞれの濃度の苛性ソーダ水溶液に対する β_∞ の推算値を用いて画いた著者らの近似理論式(8)、(10)式をあらわし、また点線は擬1次反応吸収に対する解析解²⁾

$$\beta = [\gamma + (\pi/8 \gamma)] \operatorname{erf}(2 \gamma / \sqrt{\pi}) + (1/2) \exp(-4 \gamma^2 / \pi) \quad (13)$$

を示す。実測値の大部分は理論曲線と $\pm 10\%$ 程度の偏差で一致しており、これは本研究で採用した解析法が妥当であることを意味する。ただ濡れ壁塔で得られた2N

苛性ソーダ水溶液に対する実測値のうちの左端の数が理論線よりかなり上方に偏倚し、液柱塔での実測値と喰い違っているが、これは端効果の補正に当って物理吸収の場合の値をそのまま使用したことによると思われる。これらのデータは図から明らかなように、瞬間反応域よりはむしろ擬1次反応域に近い領域に対応しており、したがってこの場合には前述したように濡れ壁部下端の静止液膜部での吸収速度を流動液膜部での吸収速度とくらべて無視することができず、端効果相当長さとして物理吸収の場合の値をそのまま用いたのでは β の計算値は真の値よりも過大な値を与えることになる。この誤差は濡れ壁塔の全長が十分長ければ無視小であるが、上述の点数のデータは本実験で用いた最短（全長5cm）の濡れ壁塔で得られたものであるからこの誤差が無視できず真の値より大きい値を与えたものと推論される。

6. 既往の研究結果に対する考察

NaOH-CO₂系を用いて非定常状態下での反応吸収実験を行なった研究としてはNijsingら、Danckwertsら、Robertsら、Rehmらのものがある。これらのうち最近発表されたRehmらの研究以外は、いずれも非瞬間反応域での吸収速度の実測値に対して定性的な説明を加えるにとどまるか、または実測値を相関する実験式を提出しているにすぎない。そこで著者らはこれら諸研究者の実験結果から反応係数 β を算出し、これらを著者らの近似理論式(8)式と比較してみた。本計算を行なうに当って必要な諸物性値はすべて著者らが自身の実験結果を解析するさい採用した前述の各推算法によって求めた。

Fig. 8 および Fig. 9 はそれぞれNijsingら¹¹⁾が濡れ壁塔を用いて行なった純CO₂のNaOHおよびKOH水溶液による吸収実験の結果を示したものである。彼らの結果は液流量を一定値にたち、濡れ壁塔の長さを変化させることによって得られたもので、端効果の補正には著者らの場合と同様に物理吸収実験で得られた端効果相当長さの値をそのまま使用している。両図中に示した実線はすべて(8)式をあらわすが、大体において実測値と良好な一致を示している。ただ γ の値が小さくなるにつれて、実測値が理論線より上方へ偏倚する傾向が認められるが、これは上述のように、非瞬間反応域での端効果として物理吸収の場合の値を用いたことによる誤差が、塔長が短くなるにつれて増大するためと推論される。

Fig. 10 はDanckwertsら^{3,4)}が回転ドラム吸収装置を用いて得た純CO₂-NaOH水溶液系の実験結果の一部を(8)式と比較したものである。図に示したように実測

Fig. 8 Comparison of Eq. (8) with data of Nijsing et al.¹¹⁾ on CO₂-NaOH system

Fig. 9 Comparison of Eq. (8) with data of Nijsing et al.¹¹⁾ on CO₂-KOH system

値と理論線との一致はきわめて良好である。またDanckwertsはRoberts¹⁵⁾とともに端効果が無視小とみなせるような濡れ壁塔を製作し、これを用いてNaOH水溶液による純CO₂の吸収実験を行なっているが、その結果も著者らの近似理論式(8)式とはほぼ一致する。

最近Rehmら¹⁴⁾は液柱塔を用いてNaOHの稀薄水溶液による純CO₂の吸収実験を行ない、吸収速度の実測値を電子計算機による数値解と比較した結果、両者が最大5%以内の差で一致することを示している。Fig. 11は彼らの実験結果を β 対 γ の点綴として示したもので、図中の実線は近似理論式(8)式をあらわすが、実測値とかなりよく一致している。

Fig. 10 Comparison of Eq. (8) with data of Danckwerts et al.⁽³⁴⁾ on CO_2 -NaOH system

7. 総 括

液柱塔および濡れ壁塔を用いて各種濃度の NaOH 水溶液による純 CO_2 の吸収実験を行ない、気液接触時間を広範囲に変化させて吸収速度を測定した。実験結果は透

Fig. 11 Comparison of Eq. (8) with data of Rehm et al.⁽¹⁴⁾ on CO_2 -NaOH system

説にもとづく反応吸収理論によって解析され、その結果反応係数 β の実測値が、 CO_2 と OH^- との不可逆 2 次反応を伴うガス吸収に対する著者らの近似理論式 (8) 式と良好な一致を示すことが明らかにされた。また既往の研究者によって得られた CO_2 -NaOH 系、 CO_2 -KOH 系に関する実験結果に対しても同様な解析を行なった結果、(8) 式が満足すべき相関を与えることが確かめられた。

Nomenclature

A_i : concentration of CO_2 in liquid phase at gas-liquid interface [g-mol/cm³]
 B_0 : initial concentration of OH^- in liquid phase [g-mol/cm³]
 D_A : diffusivity of CO_2 in liquid phase [cm²/sec]
 D_B : diffusivity of OH^- in liquid phase [cm²/sec]
 d : diameter of liquid jet or outer diameter of wetted-wall column [cm]
 g : acceleration due to gravity [cm/sec²]
 h : height of liquid jet or liquid film [cm]
 h_e : height of liquid film equivalent to end effect [cm]
 h_t : total height of liquid film [cm]
 k : second-order reaction rate constant [cm³/g-mol·sec]
 M_A : absorption rate of CO_2 over entire surface of liquid film [g/sec] or [g-mol/sec]

N_A, N_A^* : average absorption rate of CO_2 per unit surface with and without chemical reaction [g-mol/cm²·sec] or [g/cm²·sec]
 t : contact time between gas and liquid [sec]
 $\bar{u}$: average velocity of liquid jet [cm/sec]
 u_s : surface velocity of liquid film [cm/sec]
 V : volumetric flow rate of liquid [cm³/sec]
 β : reaction factor, N_A/N_A^* [—]
 β_∞ : reaction factor for gas absorption with infinitely rapid reaction [—]
 τ : parameter defined by Eq. (9) [—]
 η : parameter defined by Eq. (10) [—]
 σ : parameter defined by Eq. (12) [—]
 μ : liquid viscosity [g/cm·sec]
 ρ : liquid density [g/cm³]

Literature cited

- Bohr, C.: *Ann. Phys.*, **68**, 500 (1894)
- Danckwerts, P. V.: *Trans. Faraday Soc.*, **46**, 300 (1950)
- Danckwerts, P. V. and A. M. Kennedy: *Trans. Inst. Chem. Engrs.*, **32**, S. 53 (1954)
- Danckwerts, P. V. and A. M. Kennedy: *Chem. Eng. Sci.*, **8**, 201 (1958)
- Davidson, J. F., E. J. Cullen, B. A. Hanson and B. A. Roberts: *Trans. Inst. Chem. Engrs.*, **37**, 122 (1959)
- Higbie, R. W.: *Trans. Am. Inst. Chem. Engrs.*, **31**, 365 (1935)
- Hikita, H.: *Kagaku Kogaku (Chem. Eng., Japan)*, **28**, 725 (1962)
- Hikita, H. and S. Asai: *ibid.*, **27**, 823 (1963)
- Hikita, H. and Y. Ono: *ibid.*, **23**, 808 (1959)
- Lynn, S., R. J. Straatemeier and H. Kramers: *Chem. Eng. Sci.*, **4**, 49 (1955)
- Nijssing, R. A. T. O., R. H. Hendriks and H. Kramers: *ibid.*, **10**, 88 (1959)
- Nusselt, W.: *Z. Ver. Deut. Ing.*, **60**, 541, 569 (1916)
- Pinsent, B. R. W., L. Pearson and F. J. W. Roughton: *Trans. Faraday Soc.*, **52**, 1512 (1956)
- Rehm, T. R., A. J. Moll and A. L. Babb: *A. I. Ch. E. Journal*, **9**, 760 (1963)
- Roberts, D. and P. V. Danckwerts: *Chem. Eng. Sci.*, **17**, 961 (1962)
- Scriven, L. E. and R. L. Pigford: *A. I. Ch. E. Journal*, **4**, 439 (1958)
- Sherwood, T. K. and R. L. Pigford: "Absorption and Extraction", 2nd ed., p. 332 (1952), McGraw Hill.
- van Krevelen, D. W. and P. J. Hofstijzer: *Chim. Industr. XX^{ème} Congr. Int. chim. Industr.*, 168 (1948)
- Vinograd, J. R. and J. W. McBain: *J. Am. Chem. Soc.*, **163**, 2008 (1941)

ガス-液攪拌における分散気相滞留率（山口 巖・永田進治，化学工学，28，998～1002（1964）） 通気攪拌におけるガス滞留率の正確な測定方法として従来の試みとは異なるトレーサ-ガス混入法を提案し，標準平羽根タービン邪魔板付攪拌装置の幾何学的に相似な一連および形状の異なる2，3の標準翼につき滞留率を実測しこれと通気量，攪拌速度，槽径などの相関関係を求め，また攪拌所要動力との関係も明らかにした。

反応を伴う系の伝熱（大島栄次・矢木 栄，化学工学，28，1002～1009（1964）） 均相瞬間反応系である $\text{N}_2\text{O}_4\text{-NO}_2$ ガスを円管内に流し，壁における境膜伝熱係数，温度および流速分布を測定した。平均の Nu 数は物性値を平均のエンタルピにおける値を用いると，Colburn の式で整理することができ，その係数は0.023であった。

エンタルピーを推進力にとり，反応による密度と粘度の変化を考慮して，Deissler のアナロジーを適用して流速分布とエンタルピー分布を求め，実験値と比較した。

定還流における多成分系回分蒸留について（山田幾徳・杉江日出澄・吉田高年，化学工学，28，1009～1016（1964））

定還流における多成分系回分蒸留計算法を述べ，ベンゼン-トルエン- p -キシレン系について最少ステップ数 S_m と最少還流比 R_m の相関およびステップ数 S と還流比 R に対して Gilliland 型の相関を示した。任意の理想系に対して与えられた平均留出組成 $\bar{x}_D(i)$ のもとに S_m を求め，えられた2個の相関より R, S を決定し，これらの R, S によって $\bar{x}_D(i)$ を逆算した計算例を4個示したが，何れも良好な一致をみた。

液柱塔および濡れ壁塔における苛性ソーダ水溶液による炭酸ガスの吸収（疋田晴夫・浅井 悟，化学工学，28，1017～1022（1964）） 液柱塔および濡れ壁塔を用いて各種濃度の NaOH 水溶液による純 CO_2 の吸収実験を行ない，気液接触時間を広範囲に変化させて吸収速度を測定した。吸収速度の実測値から算出された反応係数の値は， CO_2 と OH^- との不可逆2次反応を伴うガス吸収に対する著者らの近似理論式と良好な一致を示した。なおこの近似理論式は $\text{CO}_2\text{-NaOH}$ 系， $\text{CO}_2\text{-KOH}$ 系に関する既応の研究者の実験結果に対しても満足すべき相関を与えることが確かめられた。

熱と水分の並び流れによる乾燥法——粘土成形品に対する実験的研究——（抜山四郎・大谷茂盛・大内義三，化学工学，28，1023～1027（1964）） 湿った物質に温度勾配を与えると，高温域より低温域へ水分の移動が起る現象を利用して，物質内部に熱をあたえ，水分蒸発は低温側の外表面よりのみ行なうと，内外の含水率の差が少ない状態で，乾燥速度を増すことができる，いわゆる「熱と水分の並び流れによる乾燥法」について説明した。ラップ碍子用粘土成形品につき実験を行ない，乾燥亀裂の心配なく，従来行なわれていた普通の対流乾燥法に比較して，乾燥に要する時間を数分の一に短縮することができた。

2成分系および3成分系の共沸温度の推算（頼実正弘・山岡義隆，化学工学，28，1028～1029（1964）） 2成分系共沸温度と純粋成分の沸点との間には，共沸温度と基準成分の沸点との差と両成分の沸点差として曲線に相関される（Fig. 2）。3成分系共沸温度は2成分系に共沸が存在すれば，その最低の共沸温度より約 1°C 低い（Fig. 3）。また，水とエチルアルコールを含む3成分系では共沸温度と組成の間に簡単な関係がある（Fig. 4）。

粉砕機における粉砕法則の適用について（田中達夫・木幡輝雄・鈴木 翼，化学工学，28，1030～1034（1964））

単純化した自由衝撃粉砕において，粉砕効果に影響を及ぼす因子として，（1）粒子が衝撃体に当る確率，（2）衝撃時に生ずる応力，（3）粉砕環境に関する因子を考え，これを独立事象の確率として粉砕式を仮定し，実験によってこの式の常数を決定した。従来の粉砕法則は粉砕機構が異なると適用できなかったが，筆者らの考え方によればすべての条件下での粉砕現象を一般的に説明でき，かつ従来の各法則性をもすべて含むことが確かめられた。