プレート型光化学反応器特性に及ぼす内部フィルターの影響

菅原 拓男・大森 浩太

大橋 弘保

秋田大学鉱山学部 燃料化学科*

緒 言

光化学反応においては同一波長の光を2種以上の物質が吸収し、しかもそのうちの一部の反応種のみが着目している反応に関与するといった例がかなりみられる。

しかし従来、工学的立場からこのいわゆる内部フィルター効果を扱った研究は極めて少ない。わずかに完全混合型回分光化学反応器に関する西海の考察³⁾、および完全混合槽あるいは管型各流通系光化学反応器について内部フィルターの影響を受けない領域を論じた Skarbö・Williams の研究⁴⁾がみられる程度である。特に各反応種の拡散を考慮に入れた検討はまだ行われていない。そこで本研究では単色光平行光線を照射している回分プレート型ならびに層流プレート型光化学反応器内で $A \xrightarrow{h\nu} R$ あるいは $A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$ なる反応が起こっている場合、特に R による光吸収ならびに A および R の拡散速度などが反応特性に及ぼす影響について理論的考察を行った。

1. 基礎式

反応器として単色光平行光線を照射しているプレート型反応器、ないしプレート型に近似できる程度の内径・外径比を有する環状反応器⁵⁾を考える。いま、これらは2次元の扱いができるものとし、Fig. 1 に示すように座標軸をとる。

1・1 反応速度

光を吸収する成分 A が不可逆的に R を生成し、この成分 R も同一波長の光を吸収するものとする。そして① R が反応しない場合、および② R が反応して別の生成物 S を生成する場合の二つの系を考える。いずれの場合においても吸光量は Lambert-Beer の法則に従い、また反応速度は A のみ、あるいは A および R の吸光量に依存して Eqs. (1)~(3) が成立するとする。

$A \xrightarrow{h\nu} R$ の場合

$$-w_A = w_R = \phi_A \alpha_A c_A I \quad (1)$$

$A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$ の場合

$$-w_A = \phi_A \alpha_A c_A I \quad (2)$$

$$w_R = \phi_A \alpha_A c_A I - \phi_R \alpha_R c_R I \quad (3)$$

1・2 光エネルギー収支

* 010 秋田市手形学園町 1-1

反応器壁における反射が無視できるとした場合、光エネルギー収支式、および境界条件は Eqs. (4), (5) で与えられる。

$$\partial I / \partial y + (\alpha_A c_A + \alpha_R c_R) I = 0 \quad (4)$$

$$y = -h \text{ で } I = I_0 \quad (5)$$

1・3 物質収支

反応器の厚さ方向、すなわち y 方向の光強度低下により生じる濃度分布を考慮して物質収支をとると、回分反応器の場合には基礎式 Eqs. (6), (7) また流系の場合には Eqs. (10), (11) が得られる。なお流系の場合、層流速度分布を考慮し、流れ方向の拡散は無視した⁷⁾。一方、回分系における初期ならびに境界条件は Eqs. (8), (9) また流系に関する境界条件は Eqs. (12), (13) でそれぞれ与えられる。

回分系

$$\mathcal{D}_A \partial^2 c_A / \partial y^2 - \partial c_A / \partial \theta + w_A = 0 \quad (6)$$

$$\mathcal{D}_R \partial^2 c_R / \partial y^2 - \partial c_R / \partial \theta + w_R = 0 \quad (7)$$

$$\theta = 0 \text{ で } c_A = c_{A0}, c_R = 0 \quad (8)$$

$$y = -h \text{ および } y = h \text{ で } \partial c_A / \partial y = 0, \partial c_R / \partial y = 0 \quad (9)$$

流系

$$\mathcal{D}_A \partial^2 c_A / \partial y^2 - u_0 \{1 - (y/h)^2\} \partial c_A / \partial x + w_A = 0 \quad (10)$$

$$\mathcal{D}_R \partial^2 c_R / \partial y^2 - u_0 \{1 - (y/h)^2\} \partial c_R / \partial x + w_R = 0 \quad (11)$$

$$x = 0 \text{ で } c_A = c_{A0}, c_R = 0 \quad (12)$$

$$y = -h \text{ および } y = h \text{ で } \partial c_A / \partial y = 0, \partial c_R / \partial y = 0 \quad (13)$$

また、回分系における平均濃度は Eq. (14) で、流系における流量平均濃度は Eq. (15) で与えられる。

回分系

$$c_{av} = \int_{-h}^h c dy / \int_{-h}^h dy \quad (14)$$

流系

$$c_{av} = \int_{-h}^h \{1 - (y/h)^2\} c dy / \int_{-h}^h \{1 - (y/h)^2\} dy \quad (15)$$

ここで c は c_A あるいは c_R を表す。

2. 数値解法

$Z_A = c_A / c_{A0}, Z_R = c_R / c_{A0}, Z_I = I / I_0, Y = y/h, \theta = \mathcal{D}_A \theta / h^2, X = \mathcal{D}_A x / u_0 h^2, \Omega_A = h^2 w_A / c_{A0} \cdot \mathcal{D}_A, \Omega_R = h^2 w_R / c_{A0} \cdot \mathcal{D}_A, \text{ また } \gamma_A = h \alpha_A c_{A0}, \gamma_R = h \alpha_R c_{A0}, \kappa_A = k_1 h^2 / D_A, (k_1 = \phi_A \alpha_A I_0), \kappa_R = k_2 h^2 / \mathcal{D}_A, (k_2 = \phi_R \alpha_R I_0), \beta = \mathcal{D}_R / \mathcal{D}_A \text{ とおいて Eqs.}$

(1)~(15) を無次元化すると Eqs. (16)~(30) が得られる*.

反応速度

$$A \xrightarrow{h\nu} R \text{ の場合} \\ -\Omega_A = \Omega_R = \kappa_A Z_A Z_I \quad (16)$$

$$A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S \text{ の場合} \\ -\Omega_A = \kappa_A Z_A Z_I \quad (17)$$

$$\Omega_R = \kappa_A Z_A Z_I - \kappa_R Z_R Z_I \quad (18)$$

光エネルギー収支

$$\partial Z_I / \partial Y + (\gamma_A Z_A + \gamma_R Z_R) Z_I = 0 \quad (19)$$

$$Y = -1 \text{ で } Z_I = 1 \quad (20)$$

物質収支

$$\text{回分系 } \partial^2 Z_A / \partial Y^2 - \partial Z_A / \partial \theta + \Omega_A = 0 \quad (21)$$

$$\beta \cdot \partial^2 Z_R / \partial Y^2 - \partial Z_R / \partial \theta + \Omega_R = 0 \quad (22)$$

$$\theta = 0 \text{ で } Z_A = 1, Z_R = 0 \quad (23)$$

$$Y = -1 \text{ および } Y = 1 \text{ で } \partial Z_A / \partial Y = 0,$$

$$\partial Z_R / \partial Y = 0 \quad (24)$$

流系

$$\partial^2 Z_A / \partial Y^2 - (1 - Y^2) \cdot \partial Z_A / \partial X + \Omega_A = 0 \quad (25)$$

$$\beta \cdot \partial^2 Z_R / \partial Y^2 - (1 - Y^2) \cdot \partial Z_R / \partial X + \Omega_R = 0 \quad (26)$$

$$X = 0 \text{ で } Z_A = 1, Z_R = 0 \quad (27)$$

$$Y = -1 \text{ および } Y = 1 \text{ で } \partial Z_A / \partial Y = 0, \partial Z_R / \partial Y = 0 \quad (28)$$

平均濃度

$$\text{回分系 } Z_{av} = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 Z dY \quad (29)$$

$$\text{流系 } Z_{av} = \frac{3}{4} \int_{-1}^1 (1 - Y^2) \cdot Z dY \quad (30)$$

いま、 $\theta = m \cdot \Delta\theta$ (あるいは $X = m \cdot \Delta X$) ($m=0, 1, 2, \dots$), $Y = -1 + n \cdot \Delta Y$ ($n=0, 1, \dots, n_{\max}$) とし、Cleland・Wilhelm¹⁾に従って基礎式を差分化する。ただし、本研究では反応速度項を $\Omega_A = \Omega_{An}^m$, $\Omega_R = \Omega_{Rn}^m$ と m 段のみで評価する点が彼らの方法と異なる。以上より得られた差分方程式を Thomas 法¹⁾を用いて解き、その結果をさらに Eq. (29) あるいは Eq. (30) に代入し、Simpson 法により平均濃度を求めた。なお、 m 段のみで反応速度項を評価する本方法によれば、 $(m+1)$ 段と m 段の平均値を用いる従来の方法と異なって光強度に関する緩和⁷⁾が不要となり、計算時間をかなり短縮することができる。ここでは $\Delta Y = 0.05$, $\Delta\theta$ (あるいは ΔX) ≤ 0.0005 とした。また、光エネルギー収支式 Eqs. (19), (20) を解く際には台形公式を用いた。

* $\kappa_A = 0$, $\kappa_R = 0$ および $\kappa_A = \infty$, $\kappa_R = \infty$ の場合の解法については Appendix 参照。

** たとえば $\Delta X (=k_1 \Delta Y / u_0 / \kappa_A) = 0.0005$, $\kappa_A = 6$, $\Delta Y = 0.05$ の場合、誤差は 0.1% 未満であり、演算時間は従来の方法⁷⁾に比して 1/2 以下であった。ところで、一般にきざみ幅を大きくするほど繰り返しによる誤差は小さくなるが解が不安定になる傾向にあり、 $\Delta Y = 0.05$, $\kappa_A = 6$, $\gamma_A = 0.006$, $\gamma_R = 0.143$, $\beta = 1/2.2$ の場合は $\Delta X \geq 0.005$ で発散した。

(a) Batch reactor

(b) Laminar flow reactor

Fig. 1 Geometry of reactor

3. 計算結果ならびに考察

計算はすべて電子計算機 FACOM 270/20 を用いて行った。解の収束性は任意の θ あるいは X において Eqs. (31) あるいは (32) が成立することにより確認した。

$A \xrightarrow{h\nu} R$ の場合

$$Z_{Aav} + Z_{Rav} = 1^{**} \quad (31)$$

$A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$ の場合

$$Z_{Aav} + Z_{Rav} + Z_{Sav} = 1 \quad (32)$$

ただし、Eq. (32) において Z_{Sav} を求めるにあたっては $Z_S = Z_A$ とした。

3.1 不可逆反応 ($A \xrightarrow{h\nu} R$) の場合

計算結果の一例を Figs. 2~8 に示す。Fig. 2 は回分反応器において、未反応物による光吸収が無視でき ($\gamma_A = 0$)、かつ生成物による内部フィルターの程度が一定 ($\gamma_R = 1$)、拡散速度の影響を示す無次元数も一定 ($\kappa_A = 10$, $\beta = 0.5$) という条件下で、未反応物 A の濃度分布を $\bar{\theta}$ をパラメータとして示したものである。光照射時間が長く、 $\bar{\theta}$ が大となるにつれて内部フィルターの影響が次第に顕著になり、 $y=h$ 側では $y=-h$ 側よりも未反応物濃度の減少が小さく、したがって濃度勾配が大きくなる。

Fig. 3 は流系反応器における濃度分布を $\bar{L} (=k_1 / \bar{u})$ をパラメータとしてみた図である。 γ_A , γ_R , κ_A , β などの条件は Fig. 2 と同一である。 $\bar{L}$ が一定の場合、器壁部分より反応器中心部分の未反応物濃度が高いのは層流速度分布の影響によるものであるが、平均滞留時間が長く $\bar{L}$ が大となるにつれて内部フィルターの影響が次第に顕著になり、この中心部分の濃度と直接光照射を受けない器壁側 ($Y=1$) の濃度の差が次第に小さくなり、同時に光照射を受ける器壁側 ($Y=-1$) の濃度との相対的な比率は次第に大きくなっていく様子を示している。次に、流系反応器の一断面 ($\bar{L}=1.5$) において生成物 R の濃度分布および光強度分布を γ_R をパラメータとして図示したものが Fig. 4 である。ただし、 $\gamma_A = 0$, $\kappa_A = 10$, $\beta = 0.5$ の場合である。 γ_R が大きいほど光強度の低下が著しく、反応率も低下する様子がわかる。さらに、Fig. 5 は拡散速度が濃度分布に及ぼす影響をみるために β 一定のもと

Fig. 2 Effect of illumination time on the concentration profile of reactant A in a batch reactor for the photochemical reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$

Fig. 3 Effect of mean residence time on the concentration profile of reactant A in a laminar flow reactor for the photochemical reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$

Fig. 4 Effect of internal light filtering by a product R on the concentration and the light intensity profiles in a laminar flow reactor for the photochemical reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$

で κ_A をパラメータとして Z_R と Y の関係を描いた図である。ただし、 $\gamma_A=0$, $\gamma_R=1$, $\bar{L}=0.9$ (流系), $\bar{\theta}=1.2$ (回

Fig. 5 Effect of κ_A on the concentration profile of product R in a laminar or a batch reactor for the photochemical reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$

Fig. 6 Bulk-mean concentration of reactant A vs. $\bar{\theta}$ in a batch reactor for the photochemical reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$

分系) の場合である。一定の入射光強度のもとでは、拡散速度が速く κ_A が小さくなるにつれ、濃度分布は次第に一樣となる。

さて、Figs. 6, 7 はそれぞれ回分系あるいは流系反応器における平均未反応率と $\bar{\theta}$ あるいは $\bar{L}$ の関係を γ_R および κ_A をパラメータとして示したものである。ただし、いずれの図も $\gamma_A=0$, $\beta=0.5$ の場合である。未反応物 A による光吸収の影響の場合⁷⁾と異なり、 $\bar{\theta}$ あるいは $\bar{L}$ 一定という条件のもとで、A 成分の初濃度を高めて γ_R を大きくするにつれて κ_A の反応率に及ぼす影響が次第に顕著になり、拡散速度が遅いほど平均反応率がより低下するようになる。これは、Figs. 4, 5 にも示したように c_{A0} を大きくして γ_R を大とするほど光照射側の壁近傍での R の生成量は多くなるが、拡散速度が遅いほどこの R は壁付近により多く留まって光強度を著しく低下させるためである。ところで Fig. 8 は流系において γ_R , κ_A が一定でも β が小、すなわち A 成分の拡散速度が一定でも

Fig. 7 Bulk-mean concentration of reactant A vs. $\bar{L}$ in a laminar flow reactor for the photochemical reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$

R成分の拡散速度が遅くなると反応率が低下する様子を示しているが、これも反応器厚さ方向のR成分の濃度分布に起因するものである。

3・2 不可逆逐次反応 ($A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$) の場合

Fig. 9 は流系反応器におけるAならびにR成分の流量平均無次元濃度と $\bar{L}$ との関係を示した図である。ただし $\gamma_A = 0$ 、かつ κ_A 、 β は一定という条件下で γ_R および k_2/k_1 をパラメータとしている。この図から γ_R が1の場合、RがSに転化する際の量子収率 ϕ_R が異なって k_2/k_1 の値が変化するとA成分の転化率もその影響を受けることがわかる。また Fig. 10 には流系反応器におけるR成分の選択率を示した。 γ_A の値がきわめて小さく、かつ k_2/k_1 および β が一定の場合、選択率は κ_A が大きくなるにつれてわずかに低下するが、本計算条件下では γ_R の値には依存しない。ここで γ_R が0の場合の計算値は文献⁵⁾ によった。

結 言

単色光平行光線を照射している回分ならびに層流プレート型光化学反応器内で $A \xrightarrow{h\nu} R$ あるいは $A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$ なる反応が起こっている場合、未反応物Aの光吸収の度合いがきわめて低い条件下で生成物（あるいは中間生成物）Rの光吸収の程度、ならびにAおよびRの拡散速度などが反応特性に及ぼす影響を理論的に検討した。

まず $A \xrightarrow{h\nu} R$ なる反応が起こる場合、回分系、流系ともに内部フィルターの度合いが大となるにつれて拡散速度の影響がより強く現れ、一定照射光強度のもとでは拡散速度が遅いほど平均転化率がより低下する。特に流系の場合には速度分布の効果も加わってこの影響が顕著になるという結果を得た。

また、流系反応器において $A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$ なる反応が

Fig. 8 Effect of β on the bulk-mean concentration of reactant A in a laminar flow reactor for the photochemical reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$

Fig. 9 Bulk-mean concentrations of reactant A and intermediate R vs. $\bar{L}$ in a laminar flow reactor for the photoconsecutive reaction $A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$

Fig. 10 Bulk-mean concentration of intermediate R vs. extent of conversion of A in a laminar flow reactor for the photoconsecutive reaction $A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$

起こっている場合、1段目の反応特性が2段目の反応速度の影響を受け、2段目の反応の量子収率が小さいほど同一平均滞留時間のもとでA成分の転化率が低下すると

いう結果を得た。さらにR成分の選択率は、拡散速度が遅くなるにつれてわずかに低下するが内部フィルターの程度には依存しないということがわかった。

Appendix

$\kappa_A=0$, $\kappa_R=0$ の場合、拡散は極めて速く、反応器の厚さ方向には濃度分布がないと考えられる。このとき、 $A \xrightarrow{h\nu} R$ なる反応が起こる場合は基礎式 Eq. (A-1) が得られる。

$$-u dc_A/dx - \int_{-h}^h \phi_A \alpha_A c_A I dy / 2h = 0 \quad (A-1)$$

これを無次元化すると Eq. (A-2) が得られるから、

$$-dZ_A/d\bar{X} - \int_{-1}^1 Z_A \cdot Z_I dY / 2 = 0 \quad (A-2)$$

この式に Eqs. (19), (20) を解いて得た Z_I の値を代入し整理すると Eq. (A-3) が得られる。

$$\begin{aligned} & -dZ_A/d\bar{X} \\ & -Z_A[1 - e^{-2\{\gamma_A(\gamma_A - \gamma_R) + \gamma_R\}}] / 2\{\gamma_A(\gamma_A - \gamma_R) + \gamma_R\} = 0 \end{aligned} \quad (A-3)$$

ここで $\bar{X} = k_1 x / \bar{u}$ 、また $Z_R = 1 - Z_A$ である。境界条件は Eq. (A-4) となる。

$$\bar{X}=0 \text{ のとき } Z_A=1 \quad (A-4)$$

また $A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$ なる反応が起こる場合は Eqs. (A-5)~(A-7) が得られる。

$$\begin{aligned} & -dZ_A/d\bar{X} \\ & -Z_A\{1 - e^{-2(\gamma_A Z_A + \gamma_R Z_R)}\} / 2\{\gamma_A Z_A + \gamma_R Z_R\} = 0 \quad (A-5) \\ & -dZ_R/d\bar{X} + (Z_A - k_2 Z_R / k_1)\{1 - e^{-2(\gamma_A Z_A + \gamma_R Z_R)}\} \\ & / 2\{\gamma_A Z_A + \gamma_R Z_R\} = 0 \quad (A-6) \end{aligned}$$

$$\bar{X}=0 \text{ のとき } Z_A=1, Z_R=0 \quad (A-7)$$

なおこれらの場合、 $Z_{Aav}=Z_A$, $Z_{Rav}=Z_R$ である。

次に $\kappa_A=\infty$, $\kappa_R=\infty$ の場合には Eq. (16)~(18) の代わりに、Eqs. (A-8)~(A-10)、すなわち、

$$\begin{aligned} & A \xrightarrow{h\nu} R \text{ の場合,} \\ & -\Omega_A = \Omega_R = Z_A Z_I \quad (A-8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S \text{ の場合,} \\ & -\Omega_A = Z_A Z_I \quad (A-9) \end{aligned}$$

$$\Omega_R = Z_A Z_I - k_2 \cdot Z_R Z_I / k_1 \quad (A-10)$$

また、Eqs. (21)~(24)のかわりに Eqs. (A-11)~(A-13)、Eqs. (25)~(28)のかわりに Eqs. (A-14)~(A-16)を用いる。

回分系

$$-\partial Z_A / \partial \bar{\theta} + \Omega_A = 0 \quad (A-11)$$

$$-\partial Z_R / \partial \bar{\theta} + \Omega_R = 0 \quad (A-12)$$

$$\bar{\theta}=0 \text{ のとき } Z_A=1, Z_R=0 \quad (A-13)$$

流系

$$-\{3(1-Y^2)/2\} \cdot \partial Z_A / \partial \bar{X} + \Omega_A = 0 \quad (A-14)$$

$$-\{3(1-Y^2)/2\} \cdot \partial Z_R / \partial \bar{X} + \Omega_R = 0 \quad (A-15)$$

$$X=0 \text{ のとき } Z_A=1, Z_R=0 \quad (A-16)$$

以上の諸式は RKG 法を用いて解いた。

[付 記] 数値計算に協力していただいた荻野伸一氏(現(株)新潟鉄工所)、鈴木忠氏(現アジア石油(株))に感謝いたします。

Nomenclature

c	= concentration of species A or R or S	[mol/cm ³]
$\mathcal{D}$	= molecular diffusion coefficient	[cm ² /sec]
h	= half distance between parallel plates	[cm]
I	= light intensity	[Einsteins/cm ² ·sec]
I_0	= incident intensity of light (at $y=-h$)	[Einsteins/cm ² ·sec]
k_1	= $\phi_A \alpha_A I_0$	[1/sec]
k_2	= $\phi_R \alpha_R I_0$	[1/sec]
$\bar{L}$	= $k_1 l / \bar{u}$	[—]
l	= test section length	[cm]
m	= 0, 1, 2, ...	[—]
n	= 0, 1, 2, ..., $n_{\max}$	[—]
$n_{\max}$	= maximum value of n 's	[—]
u_0	= maximum linear velocity	[cm/sec]
$\bar{u}$	= mean linear velocity	[cm/sec]
X	= $\mathcal{D}_A x / u_0 h^2$	[—]
$\bar{X}$	= $k_1 x / \bar{u}$	[—]
x	= coordinate parallel to flow direction	[cm]
Y	= y/h	[—]
y	= coordinate perpendicular to flow direction	[—]
Z	= c/c_0	[—]
Z_I	= I/I_0	[—]
α	= molar absorption coefficient	[cm ² /mol]
β	= $\mathcal{D}_R / \mathcal{D}_A$	[—]
γ	= $h \alpha c_{A0}$	[—]
θ	= $\mathcal{D}_A \theta / h^2$	[—]
$\bar{\theta}$	= $k_1 \theta$	[—]
θ	= time	[sec]
κ_A	= $k_1 h^2 / \mathcal{D}_A$	[—]
κ_R	= $k_2 h^2 / \mathcal{D}_A$	[—]
ϕ	= quantum yield	[mol/Einstein]
Ω	= dimensionless reaction rate	[—]
ω	= reaction rate	[mol/cm ³ ·sec]
<Subscripts>		
A	= species A	
av	= average	
o	= at $y=-h$ or at $\theta=0$ or at $x=0$	
R	= species R	
S	= species S	

Literature cited

- 1) Cleland, F. A. and R. H. Wilhelm: *AIChE J.*, **2**, 489 (1956)
- 2) Hill, F. B., N. Reiss and L. H. Shendalman: *AIChE J.*, **14**, 798 (1968)
- 3) Nishiumi, H.: Doctoral Thesis (Waseda Univ.) (1972)

- 4) Skarbö, R. and J. A. Williams: *Chem. Eng. Sci.*, **28**, 83 (1973)
5) Sugawara, T.: Doctoral Thesis (Tohoku Univ.) (1970)
6) Sugawara, T., H. Ohashi and T. Tadaki: *Kagaku Kōgaku*, **38**, 466 (1974)

- 7) Sugawara, T., T. Tadaki and S. Maeda: *ibid.*, **35**, 461 (1971)
(1975 年 11 月 4 日受理; 化学工学協会東北大会 (仙台, 1972 年 8 月) にて発表)

The Effect of Internal Light Filtering on the Performance of Plate-Type Photochemical Reactors

Takuo Sugawara, Kohta Omori and Hiroyasu Ohashi

Dept. of Fuel Chem., Akita Univ., Akita, 010

The effects of light absorption by a product (or an intermediate) R and diffusion rates of R and a reactant A on the reaction characteristics of a batch or a laminar flow plate-type photochemical reactor have been studied theoretically under conditions of the weak absorption of light by A and the irradiation of monochromatic parallel light, where the reaction $A \xrightarrow{h\nu} R$ or $A \xrightarrow{h\nu} R \xrightarrow{h\nu} S$ occurs.

In the case of $A \xrightarrow{h\nu} R$, the influence of diffusion rate is more pronounced at the more effective internal light filtering: the slower the diffusion rate, the lower is the average conversion under constant radiant intensity. This effect is much enhanced in a flow system because of the velocity distribution.

As for the characteristics of flow reactor in which the photoconsecutive reaction takes place, the extent of the conversion of A becomes less as the quantum yield of the second step of reaction is lower. The selectivity of the intermediate R is slightly decreased with slower diffusion rate and is insensitive to the extent of internal light filtering.

~~~~~