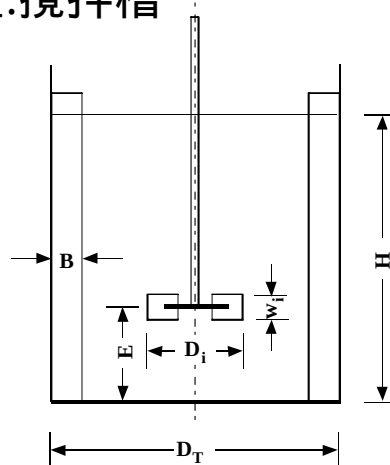


移動現象操作

流動と混合

- ◆ 攪拌装置
 - 攪拌槽
 - 攪拌翼 (インペラ)
- ◆ フローバタン
 - 邪魔板の効果
 - 吐出流と循環流
- ◆ 攪拌所要動力
- ◆ スケールアップ
- ◆ 異相系攪拌

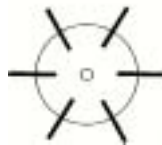
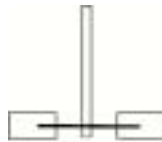
攪拌装置: 攪拌槽



$$D_i/D_T = 1/3 \quad H/D_T = 1$$

$$E/D_T = 1/3 \quad w_i/D_i = 1/5$$

攪拌装置:攪拌翼 (低粘性液用)



かい型

タービン

プロペラ

回転数 低

液粘性 高



高

低

攪拌装置:攪拌翼 (中高粘性液用)

アンカー

ヘリカルリボンスクリュー

ヘリカルリボン

フローパターン

邪魔板無しの場合

固体的回転が生じることにより混合しにくくなる

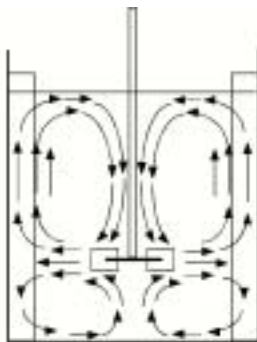


邪魔板の設置

$$(B/D_T)^{1.2} n_B = 0.35 \quad \text{完全邪魔板条件}$$

フローパターン

循環流と吐出流



$$q_c = \frac{V}{T_c} \quad \begin{array}{l} q_c: \text{循環流量} \\ T_c: \text{循環時間} \end{array} \quad \begin{array}{l} V: \text{槽容積} \end{array}$$

$$q_d \propto n D_i^3 \quad \begin{array}{l} q_d: \text{吐出流量} \\ n: \text{翼回転数} \\ D_i: \text{翼径} \end{array}$$

$$N_{qd} = \frac{q_d}{n D_i^3} \quad \text{吐出流量数}$$

$$N_{qc} = \frac{q_c}{n D_i^3} \quad \text{循環流量数}$$

$$N_{qc} = N_{qd} \left[1 + 0.16 \left\{ \left(\frac{D_T}{D_i} \right)^2 - 1 \right\} \right]$$

フローパタン

ヘリカルリボン → 翼付近に偏る

多段翼 → 翼ごとに独立した循環流

↓
槽全体に行き渡る循環流が望まれる

攪拌所要動力

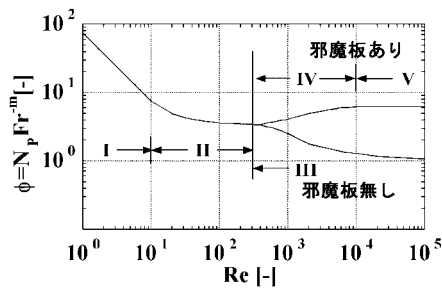


図6 動力曲線

$$N_P = \frac{P}{\rho n^3 D_i^5}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho U L}{\mu} \equiv \frac{\rho n D_i^2}{\mu}$$

$$N_{Fr} = \frac{U^2}{gL} \equiv \frac{n^2 D_i}{g}$$

$$m = \frac{a - \log Re}{b}$$

$$N_{Re} > 10,000 \longrightarrow P \propto n^3 D_i^5$$

攪拌所要動力

流量—揚程概念

動力がどのように消費されるか

$$P = \rho q_d g H \Rightarrow P \propto q_d H$$

$$P \propto n^3 D_i^5$$

$$q_d H \propto n^3 D_i^5$$

$$q_d \propto n D_i^3$$

$$H \propto n^2 D_i^2$$

$$\frac{q_d}{H} \propto \frac{n D_i^3}{n^2 D_i^2} = \frac{D_i}{n}$$

P 一定のとき

$$n \propto D_i^{-\frac{5}{3}}$$

$$\frac{q_d}{H} \propto \frac{D_i}{n} \propto D_i^{\frac{8}{3}}$$

D_i 一定で n のみ変化させるとき

$$\frac{q_d}{H} \propto \frac{D_i}{n} \propto \frac{1}{n}$$

異相系の攪拌

- 気液二相
- 固液二相
- 互いに不溶な二液相を含む攪拌(液液攪拌)

気液攪拌

攪拌所要動力 P_G : 見かけ粘度が低下→

液均一相の場合と比較して小さい

$$\frac{P_G}{P} = f(N_A) \quad N_A = \frac{q_G}{n D_i^3} : \text{通気数}$$

動力が混合に効果的に消費されることが重要

$$\frac{P_G}{P} = 0.6$$

程度

物質移動係数

物質移動は液側移動が律速 $\rightarrow K_L a$

気, 液物性
気泡径
混合状態

固液攪拌

攪拌所要動力: 固相液相の平均密度から均相系と同様に

物質移動

気液と異なり界面積が明確

完全に浮遊するかどうか重要 $\rightarrow n_c$: 浮遊限界回転数

液液攪拌

攪拌所要動力: 二液相の平均粘度から均相系と同様に

$$\mu_a = \frac{\mu_c}{1-\phi} \left(1 - 1.5 \frac{\phi \mu_c}{\mu_c + \mu_d} \right) \quad \begin{array}{l} \text{c: 連続相} \\ \text{d: 分散相} \end{array}$$

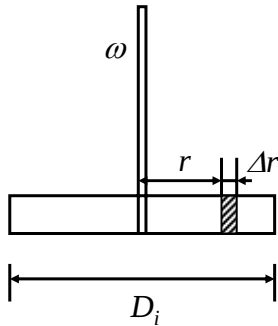
物質移動

分散相滴径

実験式 $\frac{d_a}{D_i} \propto \left(\frac{\rho_c n^2 D_i^3}{\sigma} \right)^{-0.6}$

$$N_{We} = \frac{\rho_c n^2 D_i^3}{\sigma} \quad \text{Weber数}$$

攪拌所要動力 流体中の物体にかかる抵抗力



斜線部にかかる抵抗力:

$$C \frac{1}{2} \rho u^2 w_i \Delta r = C \frac{1}{2} \rho (r\omega)^2 w_i \Delta r$$

トルク: $rC \frac{1}{2} \rho (r\omega)^2 w_i \Delta r = \frac{C}{2} \rho \omega^2 r^3 w_i \Delta r$

$$r = D_i \alpha, \Delta r = D_i \Delta \alpha, w_i = k D_i$$

$$\omega = 2\pi n$$

$$(2\pi)^2 k \frac{C}{2} \rho n^2 D_i^5 \alpha^3 \Delta \alpha$$

積分

$$C' \rho n^2 D_i^5 \int_0^{1/2} \alpha^3 d\alpha$$

$$C' \rho n^2 D_i^5 \int_0^{1/2} \alpha^3 d\alpha : \text{トルクの積分}$$

$$\downarrow$$

$$\text{仕事率(動力)} = 2\pi n C' \rho n^2 D_i^5 \int_0^{1/2} \alpha^3 d\alpha = C'' \rho n^3 D_i^5$$

$$\text{動力数: } N_P = \frac{P}{\rho n^3 D_i^5}$$