

(223) ガス底吹き攪拌槽における液循環量

名古屋大学工学部大学院
名古屋大学工学部

・藤 箕 成
浅井 滋生・鞆 巖

緒言 ガス底吹き攪拌槽における物質移動速度の推算、最適操作条件の把握およびスケールアップなどにおいては、気泡上昇域に巻き込まれる循環流量の定量化が重要な課題である。ここでは、運動量収支に基づいて気泡上昇域の形状および循環流量を推算するための数学的モデルを示し、その計算結果を実験によって検証する。

数学モデル 上昇域(図1)での

ガスの物質収支: $M_g = \int_0^r \rho_g u_g \phi 2\pi x dx = \text{const} \quad (1)$
 液の物質収支: $(d/dz) \int_0^r (1-\phi) \rho_l u_l 2\pi x dx = -(2\pi r \rho_l v_l)_{x=r}$
 運動量収支: $\int_0^r g \phi (\rho_l - \rho_g) 2\pi x dx = (d/dz) \int_0^r (1-\phi) \rho_l u_l^2 2\pi x dx + (d/dz) \int_0^r \rho_g u_g^2 2\pi x dx$
 $- (2\pi r \rho_l v_l)_{x=r} = E_0 \{ 2\pi r \rho_l (1-\phi) (u_l + u_{lc}) \} + E_0 \{ 2\pi r \rho_l (\rho_g/\rho_l)^{1/2} \phi (u_g + u_{lc}) \}$ (ここで E_0 は吸引係数。下降域(図1)での物質収支: $\int_r^R 2\pi x \rho_l (1-\phi) u_l dx = \int_r^R u_{lc} \rho_l 2\pi x dx$ (5) 吐出領域(図1)での物質収支とエネルギー収支から、 $\pi r^2 \rho_l (1-\phi) u_{lc} = 2\pi r k u_{lc}$ (6) $\int_0^r \pi x (1-\phi) \rho_l u_l^2 dx + \int_0^r \pi x \rho_g \phi u_g^2 dx - \pi r k \rho_l u_{lc} - \int_0^r g \rho_l u_{lc} z 2\pi x dx = 0$ (7) が得られる。

水モデル実験系の計算 オリフィスから生成した気泡径: $d_{b,0} = 0.54 (V_g d_o^{0.5} \rho_l^{0.289})^{1/3}$ (8) 単一気泡の上昇速度: $u_b = \sqrt{0.5 d_{b,0} g}$ (9) 気泡群のすべり速度 $u_s = u_b / (1-\phi)$ (10) それより $u_g = u_l + u_s$ (11)。計算にあたっては、(1)~(3)式と(4), (5), (8)~(10)式を連立して解き、表面近傍で(6), (7)式を満足するように液吐出領域の高さを求める。本モデルの唯一のパラメータである u_{lc} の初期値 $u_{lc,0}$ を変え、計算した結果、循環流量 Q_c に極小値が存在することがわかった。 Q_c が極小となるときの $u_{lc,0}$ を u_{lc} の初期値として採用した。高さ方向の変数変化の計算例を図(3)に示す。

実験方法および結果 円筒形の水槽の中央の底から空気を吹き込んで追跡法で循環流量の測定を行った。着目している粒子が検査面を通過してから再び検査面を通過するまでの循環時間分布関数 $I(t)$ を求める。平均循環時間: $\bar{t} = \int_0^{\infty} t \cdot I(t) dt$ (12)、循環流量: $Q_c = V/\bar{t}$ (13) 吹き込みガス流量と循環流量の関係の計算値を実測値と比較したのが図(2)である。巻き込み液流量高さ方向の分布の実測値を図(4)に示す。上部循環流は液深さの増加に伴って増加する。実験から得られる循環時間分布関数曲線は、ガス流量が大きくなるほど短時間側へ移行し、循環時間の長いものは消失する。ガス流量が一定の場合には、循環流量と表面流速は液深さの増加とともに大きくなる。

記号 $d_{b,0}$: 気泡径, d_o : オリフィス内径, f_k : 粒子通過回数頻度, g : 重力加速度, M_g, V_g : ガスの質量と体積流量, ρ_g, ρ_l : ガスと液の密度, ϕ : 上昇域でのガスのホールドアップ, u_{ls} : 表面流速。

文献 1) L. Davidson ら: *Jr. AIChE*, 2 (1956), P. 337, 2) 佐野ら: *鉄と鋼*, 64 (1978) P. 1714, 3) 森一美、佐野: *学報19巻 - No. 10345* 反応520 (昭和56年5月)。

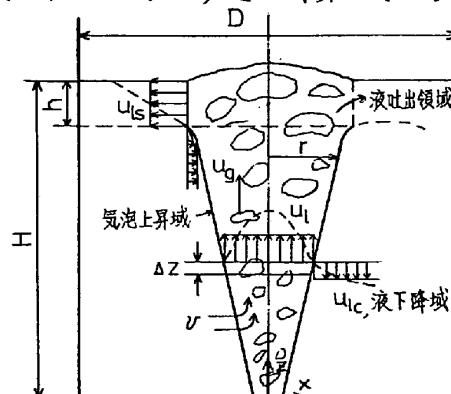


図1 ガス底吹き攪拌槽模式図

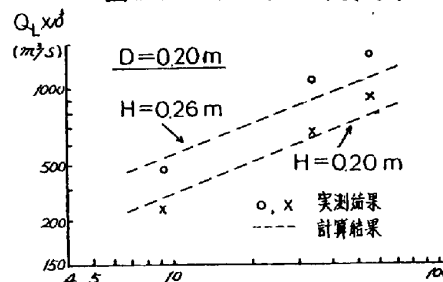


図2 Q_c と V_g の関係

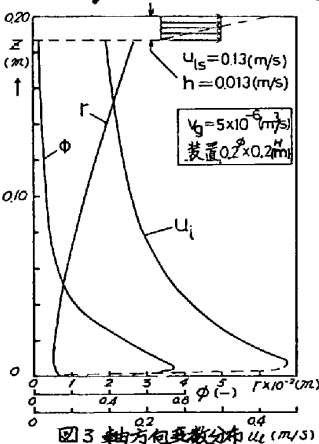


図3 軸方向速度分布 u_l (m/s)

図4 巻き込み液流量高さ方向分布 ($V_g = 24 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$)

