

# (40) 高炉滴下帯における気・液二相流の模型実験および理論解析

名古屋大学 工学部

謝 裕生 桑原 守  
櫻 巖

1. 緒言 レースウェイ近傍での液とガスの流れについて、従来、二次元模型による研究が報告<sup>1)</sup>~<sup>3)</sup>されているが、ここでは、三次元挙動について報告する。

2. 実験 直径0.248 mの半円筒形の模型にガラス球(2.6 mmφ)を充填し、37点の注射針で上から均一に水を供給し、側面に設置した9本の羽口(内径8 mmφ)から空気を送入した。定常状態で層底での流量分布と層内のガスの圧力分布を測定した。KMnO<sub>4</sub>水溶液を下降流として液の流下径路と各羽口前面での乾域形成を観察し、写真撮影した。

3. 理論 滴下帯における液を連続体と仮定する。

$$\begin{aligned} \text{気相} \quad & \left\{ \begin{aligned} \text{div}[(\epsilon - h_T) \vec{v}] &= 0 & (1) \\ \rho_g (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} &= -\text{grad} P_g - \left[ 150 \frac{(1-\epsilon)^2 \mu_g}{(\epsilon - h_T)^2 d_p^2} + 1.75 \frac{(1-\epsilon) \rho_g}{(\epsilon - h_T) d_p} |\vec{v}| \right] \vec{v} & (2) \end{aligned} \right. \\ \text{液相} \quad & \left\{ \begin{aligned} \text{div}(h_T \vec{v}) &= 0 & (3) \\ \rho_l (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} &= -\text{grad} P_l - 180 \frac{(1-\epsilon)^2 \mu_l}{h_T^2 d_p^2} \vec{v} + \rho_l \vec{g} & (4) \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

$h_T$ は液の全hold-upであり、ガス流の影響を考慮した福武ら<sup>4)</sup>の式で評価した。乾域の深さ $D_{dz}$ については次の実験式を得た。

$$D_{dz}/D_T = 1.5 (\rho_g v_g^2 / \rho_l g d_p)^{0.5} (\rho_g Q_g / \rho_l Q_l)^{0.25} \quad (5)$$

4. 結果と考察 (1)~(4)式から算出した水流速分布の値と実測値の比較を図1に示す。層底( $z/R=0$ )では両者は比較的良く一致している。全hold-upの計算値と液の流線を図2に示す。この系の平均液流速に対する $h_T$ は0.055程度だから、乾域の回り、液の流線が集中し、 $h_T$ が大きくなっている。液の流線分布の計算結果は、トレーサーで調べた流下径路とほぼ一致する。図3にガスの流速分布と流線と等圧線の計算結果を示す。等圧線の計算結果は、誤差10%の範囲で実測値と一致した。ガスと液の流量を変えても、気体流線は乾域のすぐ近傍を除いてほとんど変化しない。

記号  $d_p$ : 粒子径;  $D_T$ : 羽口径;  $g$ : 重力加速度;  $H$ : 充填高さ;  $P$ : 圧力;  $Q$ : 体積流量;  $r$ : 中心軸からの距離;  $R$ : 充填層の半径;  $U, V$ : 液, ガスの線速度;  $U_{z0}, V_{z0}$ : 液, ガスの局所的な空塔速度;  $U_0, V_0$ : 平均空塔速度;  $v_g$ : 羽口先端での速度;  $z$ : 層底からの高さ;  $\epsilon$ : 空間率;  $\mu$ : 粘度;  $\rho$ : 密度。

[添字]  $g$ : ガス;  $s$ : 粒子;  $l$ : 液;  $in$ : 羽口;  $out$ : 層頂。

文献 1) 中込ら: 鉄と鋼, 61(1975), S 385; 2) 成田ら: 鉄と鋼, 61(1975), S 384; 3) B.J. Szekely et al.: Trans. ISIJ, 19(1979), P. 76; 4) 福武ら: 鉄と鋼, 66(1980), P. 1947

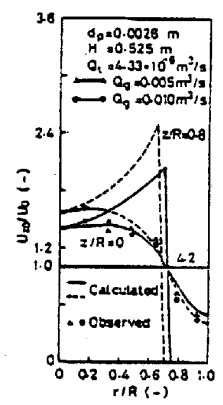


図1 水分布に及ぼすガス流量の効果

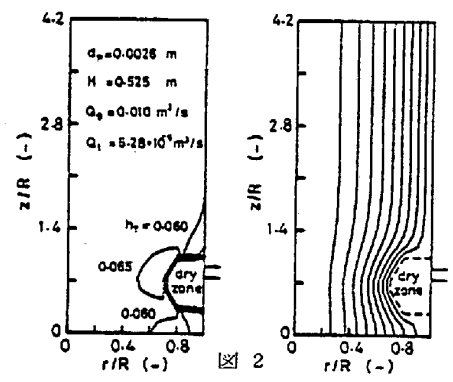


図2 (a) 全ホルダアップ (b) 液流線

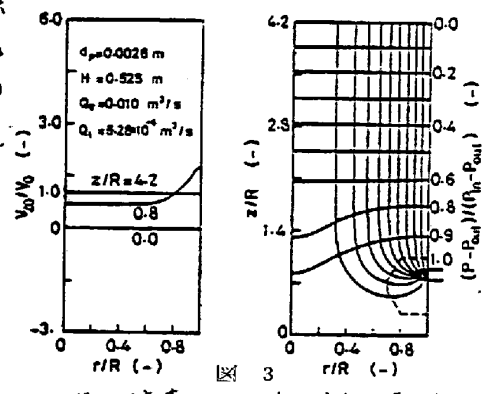


図3 (a) ガスの流速 (b) 流線と等圧線