

名古屋大学

工学部 磯部若一
鞭 巖

兼原 守

1. 緒言 前報^{1,2)}では、高炉炉下部における固体粒子運動を 2次元の矩形¹⁾、3次元の4-円筒模型²⁾の羽口先に向かうドライアイス粒子運動を模擬し、流体力学的に考察した。また、主動的応力状態における炉芯形状を推算する式を導出し²⁾、実験結果の検討を行った。本研究では半裁の高炉模型を用いて同様の実験を行い粒子の降下挙動を観察するとともに、炉芯形状を前報²⁾の式および今回新たに導出した受動的状態における推算式に基づいて検討した。

2. 実験方法および結果 高炉半裁模型(高さ23.5cm, 炉腹径10.0cm)にドライアイス破砕粒子(6~8mesh)を充填し、9本の羽口(内径5φ)よりN₂ガスを吹込み、羽口前レースウェイでドライアスを昇華消失させた。写真1に、コーワストレーサー(6~8mesh)により可視化したドライアイス粒子の降下挙動を示す。炉胴部ではポテンシャルフロー的な、炉腹部以下の縮流部では粘性流体的な粒子運動がみられる。また、今回の高炉模型における炉芯の立ち上り角(約45°)は前報の場合(約65°)と比較してかなり低下している。

3. 炉芯形状と炉下部応力状態についての考察 清水ら³⁾は、炉内の応力分布を測定し、炉胴部での主動的応力状態が炉下部では受動的応力状態に遷移することを報告している。そこで今回、受動的応力状態下で形成される炉芯形状を推算する式を導出した。Walters⁴⁾、Walker⁵⁾らの手法をもとに、炉下部水平断面内の応力分布を仮定し、その応力状態を記述するモール円の幾何学的関係より(1)~(4)式が得られる。

$$-dr/dl = \tan \alpha \dots\dots (1), \quad \alpha = 45^\circ \phi_w / 2 - 1/2 \cdot \tan^{-1} \left[\frac{F_w(r/R)}{\sec \phi_c \{ \tan^2 \phi_c - F_w^2(r/R) \}^{1/2} - \tan \phi_c} \right] \dots\dots (2),$$

$$F_w = \sin \phi_c \cdot \sin 2(\theta_0 + \theta_2) / \{ 1 + \sin \phi_c \cdot \cos 2(\theta_0 + \theta_2) \} \dots\dots (3), \quad \theta_2 = 45^\circ \phi_w / 2 - 1/2 \cos^{-1} (\sin \phi_w / \sin \phi_c) \dots\dots (4).$$

図1には、高炉模型の炉下部が受動的な応力状態にある場合に(1)~(4)式から推定される炉芯形状と、主動的応力状態を仮定して推定²⁾される炉芯形状を比較して示した。同図は、応力状態の差異によって、炉芯の高さに明瞭な差異を生じること示している。受動的状態での計算結果が、写真1に示される炉芯形状の観察結果とほぼ一致することは、炉下部が受動的応力状態にあったことを示唆している。なお、図1で採用したドライアスの粉体物性は、高炉コーワのそれ³⁾と同程度である。

記号 r, l: 半径方向, 軸方向距離, R: 中心軸から壁までの距離, α: 鉛直軸とr方向の間の角度, φ_c, φ_w: 内部, 壁面摩擦角, θ₀: 壁面と鉛直軸の間の角度, F_w = (τ_w)_r / σ_r (τ_w: 壁面での方向に動せん断応力, σ_r: 水平応力)

文献 1) 兼原, 磯部, 鞭: 鉄と鋼, 66(1980), S640
 2) 磯部, 兼原, 鞭: 鉄と鋼, 67(1981), S53
 3) 清水, 成田, 柏葉, 山口: 鉄と鋼, 66(1980), S635
 4) J. K. Walters: Chem. Eng. Sci., 28(1973) p. 13-
 5) D. M. Walker: Chem. Eng. Sci., 21(1966) p. 975-



写真1. 粒子運動の観察結果

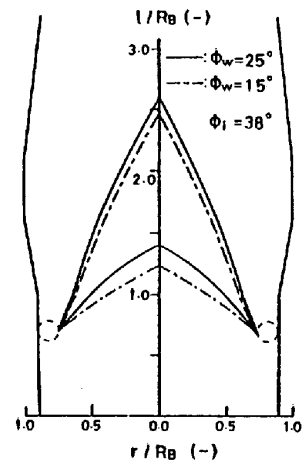


図1. 炉芯形状の計算結果