

# (46) 層状装入高炉のシャフト部における三次元ガス流れの数値解析

名古屋大学 工学部 ○桑原 守 近松栄二  
鞭 藪

**1. 緒言** 前報<sup>1)~3)</sup>では、数値解析によって二次元流れに及ぼす充填構造の効果を明らかにした。本報では、炉胸部を対象にした三次元ガス流れの数値解析結果を、二次元の場合の結果と比較するとともに、流れに及ぼす装入条件の効果について報告する。

**2. 解析の手法** 等温場における非圧縮性ガスの軸対称な三次元流れを考える。連続の式： $div \vec{G} = 0 \dots (1)$  と、運動方程式： $grad P = -(f_1 + f_2 |\vec{G}|) \vec{G} \dots (2)$  を流れの関数  $\psi$  を導入して  $G_r = (1/r) \partial \psi / \partial l$ ,  $G_z = -(1/r) \partial \psi / \partial r \dots (3)$  と表わすことにより次式のように一元化した。

$$\left\{ \frac{\partial \psi}{\partial r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{\partial \psi}{\partial l} \frac{\partial \psi}{\partial l} + f_1 \left( \frac{\partial \psi}{\partial r^2} + \frac{\partial \psi}{\partial l^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) \right\} \sqrt{\left( \frac{\partial \psi}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial \psi}{\partial l} \right)^2} + \frac{1}{r} \left\{ \frac{\partial \psi}{\partial r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{\partial \psi}{\partial l} \frac{\partial \psi}{\partial l} + f_2 \left( \frac{\partial \psi}{\partial r^2} + \frac{\partial \psi}{\partial l^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) \right\} \left\{ \left( \frac{\partial \psi}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial \psi}{\partial l} \right)^2 \right\} + \frac{1}{r} \left\{ \left( \frac{\partial \psi}{\partial r} \right)^2 \left( \frac{\partial \psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \left( \frac{\partial \psi}{\partial l} \right)^2 \left( \frac{\partial \psi}{\partial l^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + 2 \left( \frac{\partial \psi}{\partial r} \frac{\partial \psi}{\partial l} \right) \frac{\partial \psi}{\partial r \partial l} \right\} = 0 \dots (4)$$

(4)式をSOR法で収束計算したが、その際、流入および流出面には等圧の境界条件を適用した。

**3. 計算結果** 基準の計算条件として、Ergunの抵抗係数( $f_1, f_2$ )は、コークス層、鉍石層について、それぞれ、(6.9, 94), (75, 379), 流入ガスの質量速度は  $G_0 = 1.4 \text{ kg/m}^2(\text{bed}) \cdot \text{sec}$  とした。

図1は平行な層状装入物層模型( $\alpha_0 = \alpha_c = 30^\circ$ )内における流れを示している。二次元流と三次元流で蛇行の程度、それゆえ、局所的な二層間でのガスの流量分配比には顕著な差異は認められない。蛇行する各流れの平均的な半径位置は、二次元流、三次元流について、それぞれ、等流量分布  $\zeta = \psi / \psi_w$ ,  $\zeta' = (\psi / \psi_w)^{1/2}$  にほとんど一致しており、軸方向平均した流通抵抗の半径方向分布で決まる。図2は、シャフト内における流れと等圧線の分布を示している。図3から、 $\alpha_0 < \alpha_c$ で周辺流が盛まることかわかるが、装入条件の効果は定性的には二次元流の場合<sup>3)</sup>と同じである。

**記号**  $G$ : 質量速度,  $l$ : 軸方向距離,  $P$ : 圧力,  $r$ : 半径方向距離,  $R_0$ : 層底半径,  $\alpha$ : 見かけの安息角,  $\zeta = r/R_0$ ,  $\zeta' = l/R_0$   
**文献** 1) 桑原 鞭: 鉄と鋼, 62(76)P.463, 2) 桑原, 近松, 鞭: 鉄と鋼, 62(76)S42, 3) 桑原, 近松, 鞭: 学振54垂, No.1400(77,1月)

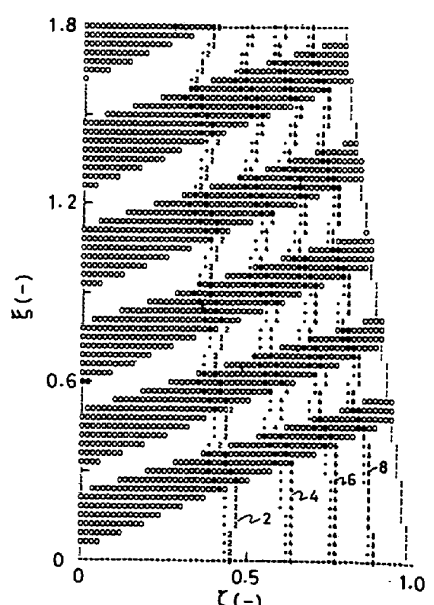
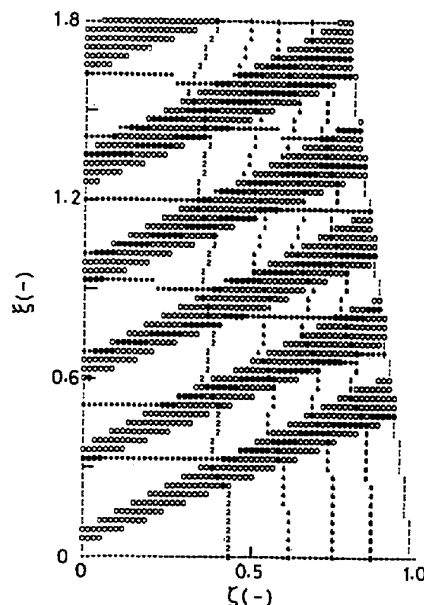
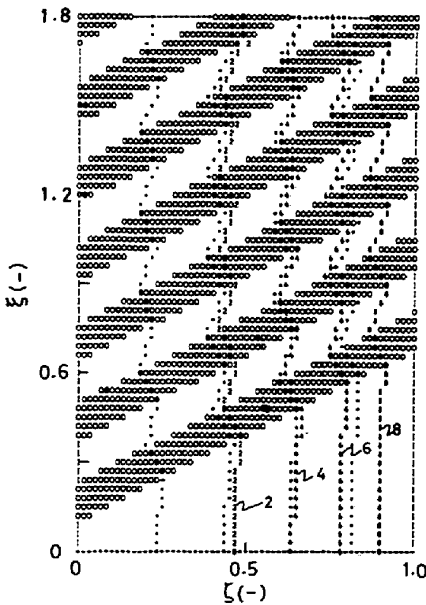


図1. 層状装入物層模型内の流れ線 (点: 二次元流, 数字: 三次元流)

図2. 高炉シャフト部における流れ線と等圧線 ( $\alpha_0 = 30^\circ$ )

図3. 流れ線の分布に及ぼす安息角の効果 (点:  $\alpha_0 = 30^\circ$ , 数字:  $\alpha_0 = 20^\circ$ )