

(18) シャフト炉 3次元非定常数学モデルの開発
(新製鉄法の開発 第4報)

住友金属工業 総合技術研究所 宮崎富夫, 山岡秀行, ○亀井康夫

I. 緒言

シャフト炉のスケールアップを検討する場合, 装入口, 排出口の配置問題等, 3次元分布の影響を定量的に把握する必要があるため, ガス流れ, 荷下りの3次元分布を考慮した数学モデルを開発した。

II. 数学モデルの概要

1. 基礎方程式

立上げや休止作業も検討するため, 非定常モデルとした。ガス流れに対してErgun式, 荷下りに対してKinematic Modelを適用した。反応としては, 鉱石のガス還元(3界面モデル)とシフト反応を考慮している。また熱に関しては, ガス固体熱交換とともに, 耐火物内も含めた熱伝導も取り込んでいる。

2. 計算方法

スタッガードメッシュ構成を用いて方程式を差分化し, ガス流れ計算→反応計算→荷下り計算のくり返しにより, 経時変化をシミュレートする方法を採用した。

III. 計算結果

パイロットプラント²⁾実験と対応させた計算結果をFig. 1~2に示す。

ガス流れに及ぼす装入シユートの影響は層頂近傍で消滅している。また離散化した羽口の影響も羽口レベル+200mmでは解消している。他方, 排出口の影響と壁側羽口の影響が重なって, 中心部の金属化が遅れている。さらに, 中心部では, 羽口レベル以下でも還元が進行している。したがって, シャフト炉では, 羽口レベル以上の部位とともに, 羽口レベル~排出口の適正設計が重要である。

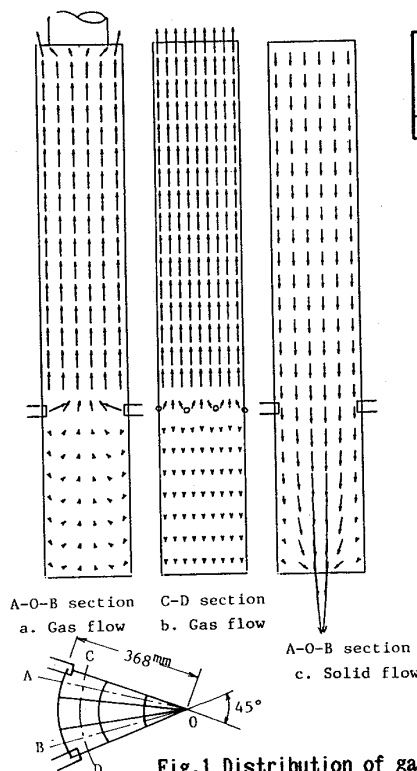


Fig.1 Distribution of gas and solid flow

$$\begin{aligned}
 &1) \text{ガス} \quad \frac{\partial}{\partial t} \rho_g \vec{u}_g + \text{grad } P + (f_1 + f_2 |u_g|) \vec{u}_g = 0 \\
 &\quad \frac{\partial}{\partial t} \rho_g + \text{div } \rho_g \vec{u}_g - I_g = 0 \\
 &\quad \frac{\partial}{\partial t} \rho_g C_g T_g + \text{div } \rho_g C_g T_g \vec{u}_g + a h_{P_{g-s}} (T_g - T_s) - I_g C_g T_g = 0 \\
 &2) \text{固体} \quad u_s(r) = -B \frac{\partial u_s(z)}{\partial r}, \quad u_s(\theta) = -B \frac{\partial u_s(z)}{r \cdot \partial \theta} \\
 &\quad \text{div } \vec{u}_s = 0 \\
 &\quad \frac{\partial}{\partial t} \rho_s C_s T_s + \text{div } \rho_s C_s T_s \vec{u}_s - a h_{P_{g-s}} (T_g - T_s) - I_s C_s T_s \\
 &\quad - \sum R_k (-\Delta H_k) - k_e \nabla^2 T_s = 0
 \end{aligned}$$

a: 比表面積, B: 定数, c: 比熱, $h_{P_{g-s}}$: 熱伝達係数, I: 湧き出し量, P: 圧力, T: 温度, u: 流速, ϵ : 空隙率, ρ : 密度 (添字) g: ガス, s: 固体

Table 1. Operation condition

Number of tuyere	Reductant gas			Pressure at tuyere
	Temp.	Unit	CO/H ₂	
8	878°C	2266Nm ³ /t-Fe	1.96	1.5kgf/cm ² G

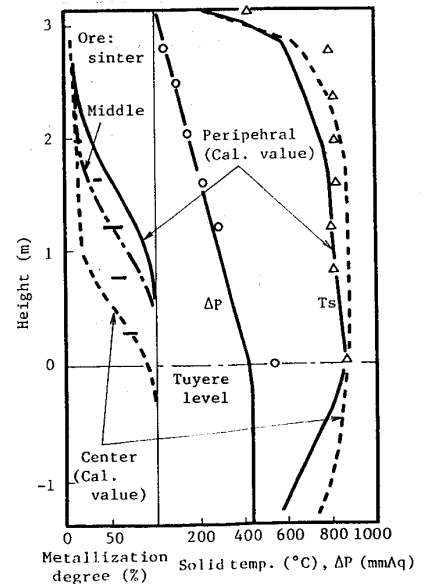


Fig.2 Simulation results of pilot plant

文献 1) R.M. NEDDERMAN et al.: Powder Technology, vol.22, No 2, March/April (1979)

2) 宮崎ら: 鉄と鋼, 72 (1986) S121