

(株)神戸製鋼所 電子技術センター ○大塚喜久 田村繁彦 (工博)小西正躬  
加古川製鉄所 小野玲児 堀 隆一

1. 緒言

高炉内における流動、反応、伝熱を記述する2次元定常数学モデルを基に、炉口から湯面までの炉内ガス流れ温度分布、還元率分布、ガス成分分布の定常値を計算するシミュレーションプログラムを開発した。本プログラムでは、羽口前条件、原料装入条件<sup>1)</sup>等の操業条件を入力値として設定するものであり、操業因子の変化と炉内の各状態変数との関係を解析することができる。

2. 高炉数学モデルの構成

本プログラムは、ガス流れ、装入物降下、溶銑滴下、反応、伝熱の各モデルから構成されている。反応モデルでは、鉍石の還元、ソリューションロス、シフトガス反応を考慮に入れた。数学モデルを下記に示す。

$$\begin{aligned} \text{grad}P &= (f_1 + f_2 |U_g|) U_g & (1) \\ \text{div}(\rho_g U_g) &= R_g & (2) \\ \text{div}(U_s) &= R_s & (3) \\ \text{div}(G_\ell) &= R_\ell & (4) \\ \text{div}(C_g \rho_g U_g T_g) + Ah_p g_s (T_s - T_g) &= Q_g & (5) \\ \text{div}(C_s \rho_s U_s T_s) + Ah_p s_\ell (T_\ell - T_s) + Ah_p s_g (T_g - T_s) &= Q_s & (6) \\ \text{div}(C_\ell G_\ell T_\ell) + Ah_p s_\ell (T_s - T_\ell) &= Q_\ell & (7) \end{aligned}$$

P : 圧力  $f_1, f_2$  : エルガン式係数 U : 速度 G : 質量速度  $\rho$  : 密度  
R : 湧き出し量 C : 比熱 T : 温度 A : 比表面積 hp : 熱伝達係数  
Q : 発熱 (添字) g : ガス s : 固体  $\ell$  : 液体

3. 計算方法

境界条件にはレースウェイ部におけるガス量、ガス温度、ガス成分を、また炉頂部におけるO/C分布、装入物温度、炉頂圧を設定した。シミュレーション

プログラムのフローチャートを図1に示すが、偏微分方程式の解法には特性曲線法と緩和法を併用した。

計算の高速化をはかるために、伝熱計算では各メッシュ点においてガス、固体、液体の温度の連立解を計算する方法を採用し、<sup>2)</sup>また全体の計算における収束状況に応じて各モデルにおける収束計算の判定条件を調節した。

4. 計算結果

本プログラムを用いた炉内状態の計算結果および垂直水平ゾンデによる炉内温度測定結果を図2に示す。温度分布に関して、計算結果と実測結果はほぼ一致していることがわかる。

参考文献 (1) 第63回製鉄部会 神戸製鋼所提出資料  
(2) 第27回自動制御連合講演会 1053

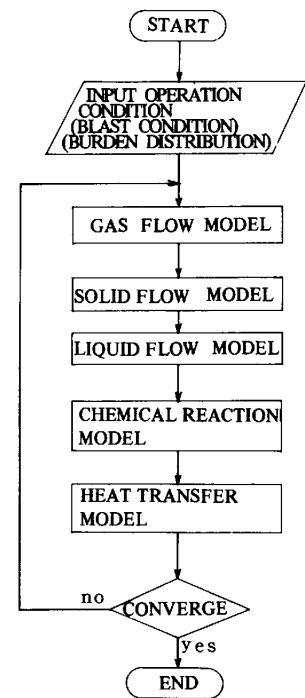


Fig. 1 Flow chart for the Blast Furnace Simulation

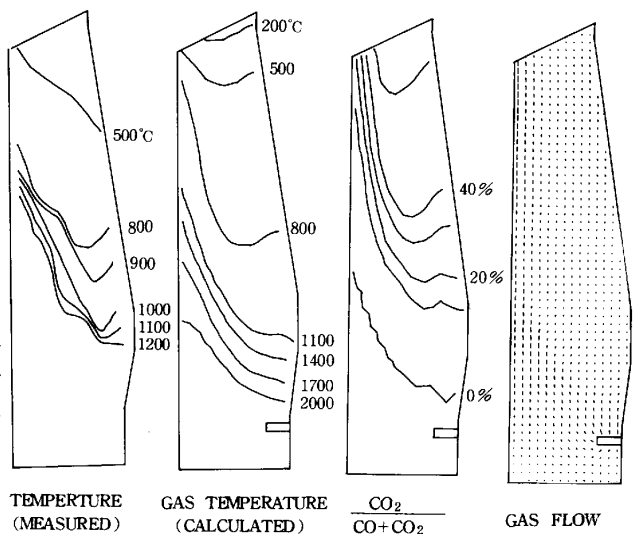


Fig. 2 Measured temperature and calculation results