

(65)

非定常一次元高炉モデル

— 高炉の動特性に関する検討(1) —

川崎製鉄(株)千葉製鉄所 ○久保秀穂 西山哲司 京口 玄  
田口整司 安野元造 栗原淳作

1. 緒言

高炉の動特性を検討する目的で、羽口から炉頂に至る全領域でのダイナミック高炉モデルを作成した。本モデルの特色は、炉内の任意の位置、任意の時間の連続した解を求めることができることである。モデル検証のため高炉のダイナミックスの最も顕著な場合として、減尺空炉吹き出し、火入れ操作を取り上げ、シュミレーションと実績を比較したので報告する。

2. 理論

2.1 基礎式：高炉内の任意の微小領域について、気体、固体に関する物質収支、熱収支をとることにより、固体については(1)式、気体については(2)式の偏微分方程式群が出来る。

$$\partial X_i / \partial \theta = V_s \cdot \partial X_i / \partial Z + R X_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$0 = \partial Y_i / \partial Z + R Y_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに  $\theta$  : 時間  $Z$  : 位置  $X_i$  : 固体変数  $Y_i$  : 気体変数  $V_s$  : 降下速度 である。

2.2 反応速度：炉内反応は、間接還元、ソルロス、メタル、スラグの溶融を各々反応速度式で考慮し、直接還元はメタルの溶融時に、4.6%の浸炭を伴って即刻おこると仮定した。間接還元反応速度式は、<sup>1)</sup> 鞭らに従い、還元率に応じた平衡を考慮した。ソルロス反応速度式は、<sup>2)</sup> 岡部らに従ったが、モデル簡略化のために反応は固体温度で規定した。また、スラグ、メタルの溶融は伝熱律速を仮定した。

2.3 境界条件：羽口先では、カーボンの燃焼、湿分の分解が即刻おこるとした。また、気体温度は羽口先での熱収支によつたが、降下コークス温度は理論燃焼温度の関数形で近似した。

2.4 解法：固体については、(1)式を特性曲線法により常微分化し、気体については、(2)式をそのまま常微分化して得られる常微分方程式群を Runge-Kutta-Gill 法により、数値積分した。

3. 実績との比較

千葉3BFでの減尺吹き出し操作、千葉5BFでの火入れ操作に当り、操作計画をもとに、事前に計算した結果と実績との比較を図-1、図-2に示した。

4. 結言

作成したダイナミックモデルによる計算と実績はよく一致し、充分高炉の動特性をシュミレート出来ることを確認した。今後、さらに機能、精度の向上を図るとともに二次元への拡張を予定している。

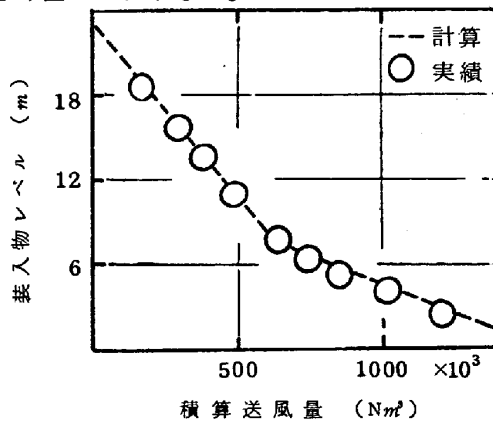


図-1 減尺操作での比較

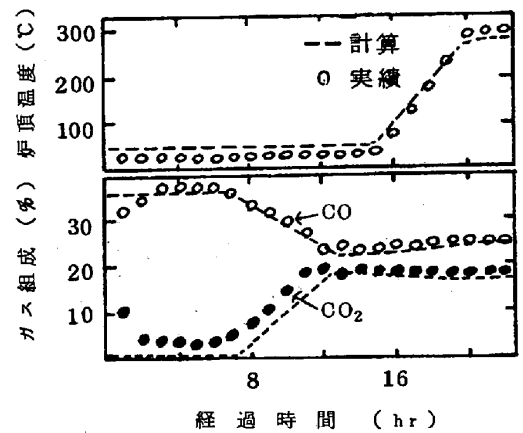


図-2 火入れ操作での比較

参考文献：

1) 鞭ら；鉄と鋼 54 (1968) P1019  
2) 岡部ら；川鉄技報 2 (1970) P358