

(31) 動的モデルによる高炉操業の解析

名古屋大学大学院
名古屋大学工学部

堀尾正毅
鞭 麓

1. 緒言 筆者らの前回の折線分布モデル¹⁾では、高炉の層頂・羽口レベル間を表1に示すように5個のZoneに分割し、炉内の状態の変化に伴う各Zoneの境界の位置変化を求めて、高炉の動的挙動の簡便な数値計算法を示した。本報では、前回の基礎式を定常状態の回りで線形化して摂動解析を行なって層頂・溶融帯間の動特性を解明し、さらに、基礎式に基づいて数値計算を行ない、実操業結果と比較検討した。

2. 摂動解析 層頂と溶融帯の上端の間の基礎式の中で、時間に関する微係数を含む式として(1),(2)式がある。

$$(1-\mu_i) \frac{dS_i}{d\theta} + \mu_i \frac{dS_i}{d\theta} = F_A - \frac{k_p a_i (T-t_i) - \Delta H_1 O_i - \Delta H_2 C_i}{C_{s,i} \rho_b i \tau_{i,i} - C_{s,i} \rho_b t_i} \quad (1)$$

$$(\partial f_{II} / \partial \theta) = -(F_A / \Delta_{II}) (f_{II} - f_0) + O_{II} / 1.5 \rho_b T_{Fe} \Delta_{II} \quad (2)$$

ただし、 μ_i は $(C_{s,i} \rho_b t_i)_{i+1} = \mu_i (C_{s,i} \rho_b t_i)_{i+1} + (1-\mu_i) (C_{s,i} \rho_b t_i)_i$ とおくときの重みである。反応帯の位置変化過程(1)式と酸素の蓄積過程(2)式に伴う遅れを推算するために、まず基礎式を定常状態の回りで線形化した結果、層頂・溶融帯間のプロセス変数の相互作用を表わす信号線図が図1(a),(b)のように得られた。図1(a),(b)の各々について、変数間の相互作用のループを消去することにより、各過程の時定数を求めることができる。A高炉について求めた時定数の計算結果の一例を示すと、 $\tau_{d1}=4.18, \tau_{d2}=0.24, \tau_{d3}=0, \tau_f=1.40$ (hr) となり、反応帯の容積変化過程にかなり大きな遅れのあることがわかる。

3. 数値計算の結果 現在稼働中のF高炉について動的挙動を解析した。結果の一例を図2に示す。この計算では、炉頂ガス組成と送風条件の1時間毎の平均値をモデルのデータとして与えた。本モデルから算出した v_m と実測の W_p の間に、また S_i %の実測値と本モデルから算出した Δ_c , および t_{m1} の間にはかなり良い対応が見られる。

[記号] C_i : Zone iでのソリューション・ロス速度(kg/mol(C)/hr), $C_{sol} = \sum C_i$, F_A : bedの容積流量(m^3/hr), f : 鉍石の還元率, ΔH_1 : 間接還元反応熱(kcal/kgmol), ΔH_2 : ソリューション・ロスの反応熱(kcal/kgmol), S_i : 層頂からZone iの上端までの容積(m^3), Δ_i : Zone iの容積= $S_{i+1} - S_i$, \bar{t}_i : Zone iでの高さ平均のガス温度($^{\circ}C$), t_i : Zone iの上端での固体粒子温度($^{\circ}C$), V_i, v_i : 羽口レベルでのガスと固体のモル流量(kgmol/hr), x_i : 羽口レベルでのCOモル分率

1)堀尾・鞭:鉄と鋼 56(1970)11S346

表1. 高炉の5つのZone

Zone i	Δ_i	O_i	C_i	Zone iの上端	S_i	t_i
I 予熱帯	Δ_I	0	0	I	0	$t_I = t_0$
II	Δ_{II}	$O_{II} > C_{II}$		II	S_{II}	t_{II}
III 還元帯	Δ_{III}	$O_{III} = C_{III}$		III	S_{III}	t_{III}
IV 溶融帯	Δ_{IV}	0	0	IV	S_{IV}	t_{IV}
V 下帯	Δ_V	0	0	V (T.L.)	S_V	t_V

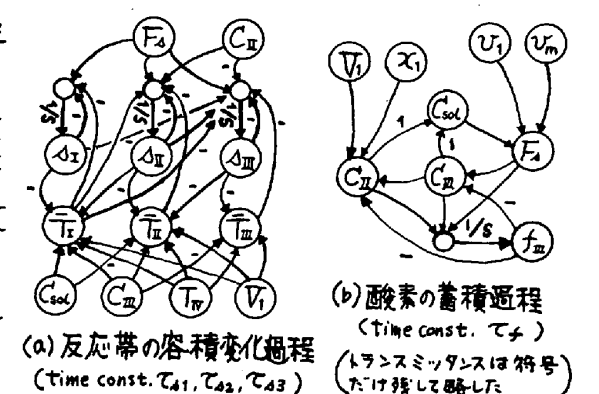


図1 層頂・溶融帯間の信号線図(入力条件一定)

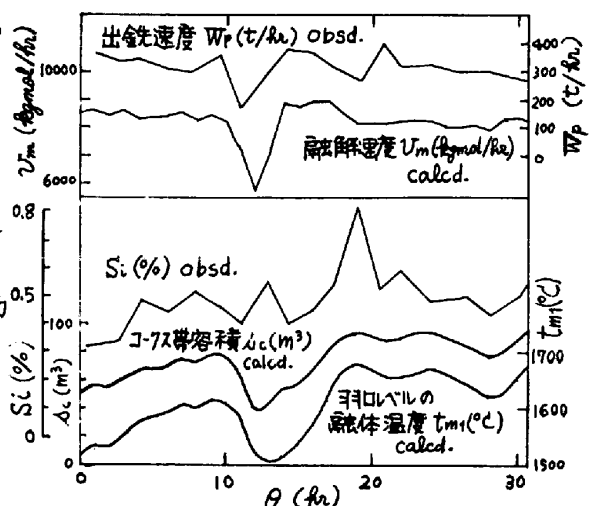


図3. 計算結果の一例 (B.F.(F))