

669.162.283.4

(15) 高炉シャフト部の伝熱および反応モデルについて

(垂直ゾンデによる高炉炉内状況の検討 - II)

川崎製鉄技術研究所

岡部 依児 浜田 尚夫 渡辺 昭嗣

千葉第一高炉において垂直ゾンデを用いて装入物面上からシャフト下部までのガス組成、温度、ガス圧力などの軸方向の変化を調査して若干の検討を行ない前報で報告した。ガス組成変化からカーボンソリューション反応、石灰石分解反応、鉄鉱石の間接還元反応を分離し各反応速度を求めることができたので、ここではこれらの結果を利用し実際上の適用性を重視して高炉シャフト内の温度およびガス組成変化を計算する数式について検討した。数式モデルの計算にアナログ計算機を用いる場合は計算式の複雑さは制約されるが数式や係数値の変更はきわめて容易に行なえ、計算精度も数式中の実験式に対しては十分であるところから炉内実測データと対比しながら数式の検討を行なうには好都合であり、より実地的な計算モデルの確立が期待できる。

計算の基礎式は炉内の任意の位置 Z 、 $Z+dZ$ 間について物質収支および熱収支をとることによつて誘導されるがガス組成 $CO(x)$ 、 $CO_2(y)$ と鉄鉱石の還元率 f_s の変化については

$$dx/dZ = R_R^Z - 2R_S^Z \quad \dots (1)$$

$$dy/dZ = -R_R^Z - R_L^Z + R_S^Z \quad \dots (2)$$

$$df_s/dZ = C_R R_R^Z \quad (C_R: \text{定数}) \quad \dots (3)$$

鉄鉱石の間接還元反応速度 (R_R^Z)、カーボンソリューション反応速度

(R_S^Z) 石灰石の分解反応速度 (R_L^Z) は実測値から得た速度式を用いると

$$R_R^Z = 0.256 \left\{ \exp(-10000/RT') \right\} (\zeta^{*R} - \zeta) (x+y) \quad \dots (4)$$

$$R_S^Z = 78 \times 10^4 \left\{ \exp(-44300/RT') \right\} (\zeta - \zeta^{*S}) (x+y) \quad \dots (5)$$

$$R_L^Z = 0.0081 \quad (R_L^Z: [1/m]) \quad \dots (6)$$

ここに $\zeta = y/(x+y)$ 、 $T' = T + 273$ 、 R : ガス定数、

ζ^{*R} 、 ζ^{*S} : 鉄鉱石の間接還元、カーボンソリューション反応の平衡での ζ 、

炉内温度の実測値を位置の関係として与え、(1)~(6)式によつて炉内の x 、 y の変化を計算させてそのときの x 、 y の実測値と対比することにより計算式の適否を検討できる。比較例を図-1に示す。

ガス温度 T と粒子温度 t の計算式はガスと粒子の質量速度、比熱や密度などの物性値、断面積などを当面一定として取扱うと

$$dT/dZ = [\ell_p \alpha A_Z (T-t) - (1-\alpha) F_M \{ (-\Delta H_R^0) R_R^Z + (-\Delta H_S^0) R_S^Z + (-\Delta H_L^0) R_L^Z \} + Q_L] / C_g G_g A_Z \quad \dots (7)$$

$$dt/dZ = [\ell_p \alpha A_Z (T-t) - \alpha F_M \{ (-\Delta H_R^0) R_R^Z + (-\Delta H_S^0) R_S^Z + (-\Delta H_L^0) R_L^Z \}] / C_s G_s A_Z \quad \dots (8)$$

ここに C_g 、 C_s : ガスと固体の比熱、 G_g 、 G_s : ガスと固体の質量速度、 ℓ_p : 粒子一流体間伝熱係数、

α : 充填層比表面積、 F_M : ガスのモル流量、 α : 反応熱の粒子取得率、 A_Z : シャフト部断面積、

$(-\Delta H_R^0)$ 、 $(-\Delta H_S^0)$ 、 $(-\Delta H_L^0)$: 間接還元、ソリューションロス、石灰分解の標準反応熱、 Q_L : 炉体熱損失、

実測反応量を位置の関数として与え、(7)~(8)式で温度変化を計算させてパラメーターの最適値を見つけ他の場合にもその値が適用できることを確かめた。(計算例図-2) 計算と実測値は炉頂付近を除いてかなり良く一致した。このようにして炉内実測データを有効に利用することによつてガス組成計算式と温度計算式を別々に検討することができた。さらに両者を組合せて検討し、シャフト部の温度とガス組成変化は(1)~(8)式で計算できることを明らかにした。

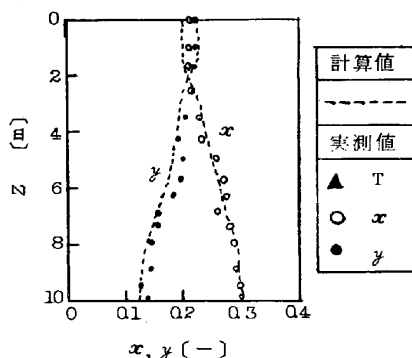


図-1 ガス組成計算式の検討例

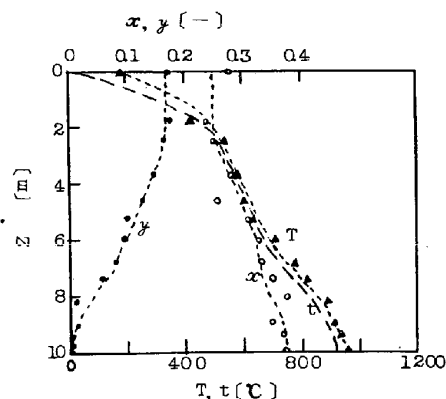


図-2 炉内温度計算式の検討例