

(48)

炭材による鉄鉱石還元の一次元シミュレーション

三菱重工 広島研究所

下里省夫

○板野重夫

白石成之

1. 緒言: ロータリキルン方式直接還元法に相当する、炭材による鉄鉱石還元時の各種還元条件の影響を把握するためにシミュレーションモデルを作成し、さらに、このシミュレーションモデルの実用性を検討するために実験値との比較検討を行なった。

2. 計算方法: 単位充填層当りの鉄鉱石および炭材の反応速度および界面反応速度定数として以下に示す一般的な速度式を用いた。

$$\text{鉄鉱石の反応速度式: } R^* = \frac{273 \cdot \pi \cdot d_p^2 \cdot \phi \cdot N \cdot (x - x_e) / 22.4t}{\left(\frac{1}{K_{sp}} \right) + (d_p/2) \left\{ (1-f_s)^{3/2} - 1 \right\} / D_{sp} + \left\{ (1-f_s)^{3/2} \cdot K_p \cdot (1 + 1/K_c) \right\}^{-1}} \left[\frac{\text{kg mol (CO)}}{\text{m}^3 (\text{bed}) \text{Hr}} \right] \quad (1)$$

$$\text{炭材の反応速度式: } R_c^* = \frac{2 \cdot 273 \cdot N_c \cdot (1-x) / 22.4t}{\left(\pi \cdot d_c^2 \cdot \phi_c \cdot K_{fc} \right)^{-1} + (E_s/E_f \cdot \pi \cdot d_c^3 \cdot \rho_c \cdot K_c)} \left[\frac{\text{kg mol (CO)}}{\text{m}^3 (\text{bed}) \text{Hr}} \right] \quad (2)$$

鉄鉱石の界面反応速度定数: $K_p = 347 \exp(-3460/t) \text{ [m/Hr]}$

炭材の反応速度定数: $K_c \text{ [m}^3/\text{kg} \cdot \text{Hr]}$ (炭材の種類により大巾に相違する。図中に示す。)

計算に当り、充填層内の鉄鉱石と炭材の混合比および温度の不均一はないものとし、還元の各進行段階で物質収支をとると、 $R^* = R_c^*$ なる条件で反応が進行することになるのでこの条件下で x を求め、(1)式に代入すれば各還元進行段階での反応速度 $R^* (= R_c^*)$ が求まるので、この計算の繰返しを一定時間区分で行なえば各時間区毎に還元率および充填層内ガス組成の反応因子が求められる。

$$f_{s(i+1)} = R_i^* \times \Delta \theta / \Sigma O + f_{s(i)}$$

ここで、 d_p, d_c : 鉄鉱石、炭材の粒径(m), D_{sp} : 還元鉄層でのCOの拡散係数[m²/Hr], E_s : 有効係数[-], f_s : 還元率[-], K : Fe-C-O系平衡定数[-], K_p, K_c : ガス境膜物質移動係数[m/Hr], N, N_c : 鉄鉱石、炭材粒子数[1/m³(bed)], t : 充填層温度[K], ρ_c : 炭材密度[kg/m³], x, x_e : ガス本体および平衡でのCOモル分率[-], $\Delta \theta$: 計算区間時間(Hr), ΣO : CO相当全量[kg mol(CO)/m³(bed)Hr], ϕ, ϕ_c : 形状係数[-]

3. 結果および考察: 先ず、各種還元条件が還元速度におよぼす影響の一例を図1に示す。図1から分かるように炭材の反応性大なる場合には比較的小さい炭材混合比でCO還元の反応速度に近づく即ち鉄鉱石反応律速になるが、炭材の反応性小なる場合には炭材混合比を相当大にしなないと鉄石反応律速になりえないといえる。次に、固定混合比での実験結果とシミュレーションによる計算結果とを比較して図2に示す。図2から分かるように充填層の温度が与えられれば還元速度はかなり精度よく求められるといえる。

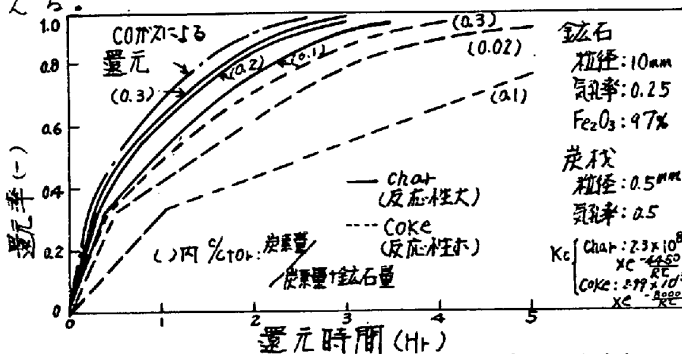


図1. 計算による還元要因の影響の検討

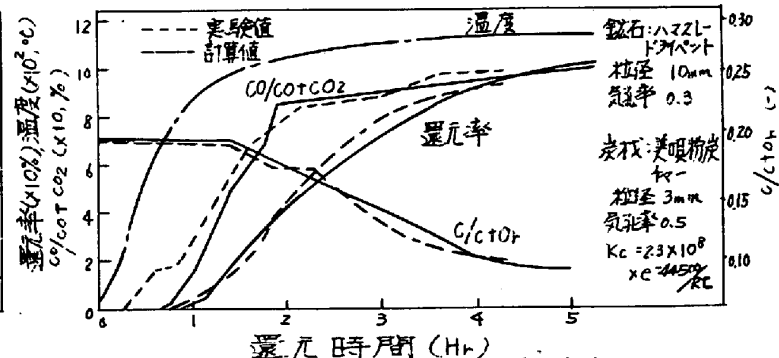


図2. 実験値と計算値との比較

参考文献 1) 観. 八木他; 日本金属学会誌, 30(1966)P.826