

(58) 流動層による鉄鉱石還元の速度論的解析のための計算法

北海道工業開発試験所 ○佐藤 享司

1. 緒言 これまでの研究で、流動層による鉄鉱石還元のための合理的な解析法は確立していない。特に多段で進行する還元過程を考慮した解析法は見当たらない。本研究は回分式流動層による実験結果を還元率1.0まで矛盾なく説明できる解析法の確立を目的とした。

2. 式の導入と計算法 Katōら¹⁾は流動層を高さ方向に成長する気泡径 Δh_i (区切り), Δh_1 から Δh_n までの気体の濃度変化を求めたための Bubble assemblage model を提案した。この model に Fig. 1 に示したような単一粒子の3界面反応核 model を適用すると j 番目区画気体の物質収支は下記ようになる。

$$S_T u_0 C [(X_{Ac0,j-1}) - (X_{Ac0})_c] = V_{sc} (m_{VA0})_c + V_{se} (m_{VA0})_e \quad (j \text{ 番目区画を意味する添字 } j \text{ を省略}) \quad \dots (1)$$

$$(m_{VA0})_e = (V_b/V_{se}) C K_{be} [(X_{Ac0})_c - (X_{Ac0})_e] = (3/r_{c1}) C (k_{mA})_e [(X_{Ac0})_e - (X_{Ac1})_e] = m_{VA1} + (3r_{c2}^2/r_{c1}^3) (N_{SA2})_e \quad \dots (2)$$

$$(m_{VA0})_c = (3/r_{c1}) C (k_{mA})_c [(X_{Ac0})_c - (X_{Ac1})_e] = m_{VA1} + (3r_{c2}^2/r_{c1}^3) (N_{SA2})_c \quad \dots (3)$$

$$r_{c2}^2 N_{SA2} = r_{c2}^2 m_{SA2} + r_{c3}^2 N_{SA3}, \quad r_{c3}^2 N_{SA3} = r_{c3}^2 m_{SA3} + r_{c4}^2 N_{SA4}, \quad r_{c4}^2 N_{SA4} = r_{c4}^2 m_{SA4} \quad \dots (4)$$

$$m_{SAi} = a_i C_{Si} (-dr_{ci}/dt) = a_i C_{Si} C k_{Si} (X_{Ac1} - X_{Ac2}), \quad N_{SAi} = C D_{eA_i}^x (X_{Ac1} - X_{Ac2}) / [r_{ci}^2 (1/r_{ci} - 1/r_{ci-1})] \quad \dots (5)$$

計算は初めに Katōら¹⁾の model により Δh_1 の $V_b, V_{sc}, V_{se}, K_{be}$ を求める。次に(1)~(5)式より入口反応気体モル分率から Δh_1 の Cloud 相, Emulsion 相の $X_{Ac1,1}$ を求める。この計算を j 番目区画中心の高さ h_j が $L_{mj} + 2(L_f - L_{mj})$ になるまで繰り返す。全ての区画の $X_{Ac1,j}$ を求める。次に dt 時間後の r_{ci} を(6)式より求めて、 $X = 1 - (\sum_{i=1}^n V_{Si} C_{Si}) / V_p C_{Sp}$ により還元率 X を得る。 $r_{ci} = r_{ci} + \sum_{j=1}^n F_{(r_{ci})} \Delta t$, $F_{(r_{ci})} = \sum_{j=1}^n [V_{scj} F_{(r_{ci})j} + V_{sej} F_{(r_{ci})j} e] / \sum_{j=1}^n (V_{scj} + V_{sej}) \quad \dots (6)$ Fig. 2 に塔径60mm, 温度973 Kで圧力を変えた場合の計算結果と実験値の比較を示した。両者はよく一致し、本解析法の有効性を示している。

3. 結言 流動層による鉄鉱石還元のための解析法を導き、高圧流動還元の実験結果に適用し、有効性を確認した。

- 記号 a_i : 化学量論係数 (-) N_{SAi} : モル流速 ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
 C : 全気体濃度 ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$) r_{ci} : 反応界面半径 (m)
 C_{Si} : 固体酸素原子濃度 ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$) r_{c1} : 粒子半径 (m)
 $D_{eA_i}^x$: 有効拡散係数³⁾ ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) S_T : 塔断面積 (m^2)
 $F(r_{ci}; j) = (-dr_{ci}/dt)_j$: t : 時間 (s)
 反応界面移動速度 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) u_0 : 空塔速度 (m/s)
 K_{be} : 気体の交換係数 (s^{-1}) V_b, V_p : 気泡体積, 粒子体積 (m^3)
 k_{Si} : 化学反応速度定数 ($\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) V_{Si} : 粒子内i層の体積 (m^3)
 k_{mA} : 物質移動係数 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) V_{sc} : Cloud相の粒子全体積 (m^3)
 L_j, L_{mj} : 流動層高, 静置層高 (m) V_{se} : Emulsion相の粒全体積 (m^3)
 m_{VA1} : 固相内拡散による反応速度⁴⁾ ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) $X_{Ac0}, X_{Ac1}, X_{Ac2}$: 流体本体濃度, 反応界面, 平衡のモル分率 (-)
 m_{SAi} : 単位面積当りの反応速度 $\langle \text{添字} \rangle c, e$: Cloud相, Emulsion相

文献 1) K. Katō et al: Chem. Eng. Sci., 24 (1961), P.1351
 2) 植田ら: 鉄と鋼, 69 (1981), P.1925
 3) 佐藤 享司ら: 鉄と鋼, 69 (1983), No. 9
 4) 近江ら: 鉄と鋼 69 (1983), P. 363

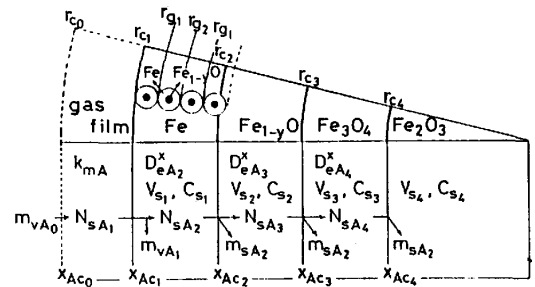


Fig. 1 Three interface reaction model with solid-state diffusion in Fe layer

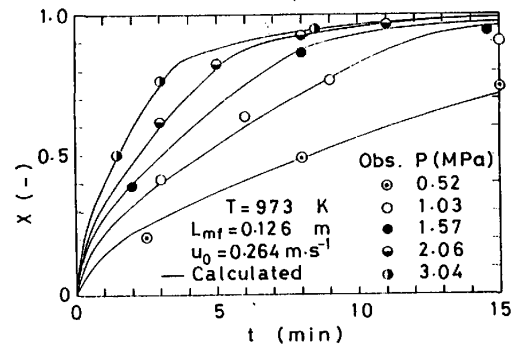


Fig. 2 Comparison between measured and calculated reduction curves