

(18) 多孔質ウスタイトペレットのガス還元における反応モデル

大阪大学 工学部 近江宗一 碓井建夫 ○中島敬治

1. 緒言 多孔質な金属酸化物の還元反応の解析においても、緻密な金属酸化物の場合と同様に反応がトポケミカル様式で進行するとして未反応核モデルが採用されてきているが、ミクロ的な観点に立てば多孔質固体の還元反応に関してはトポケミカル様式よりも反応帯をもつ反応帯進行様式を考えた方が妥当かと思われる。そこでまず原¹⁾および SZEKELY ら²⁾の並列抵抗モデルを修正し、ウスタイトペレットの還元のように還元が1段である場合について、ペレット粒内で化学反応と粒内拡散の2過程が並列に進行するとしてモデルを設定し、これに基づいて近似的な解析を行なった。

2. 理論 ペレットを構成する粒子が微小な場合には、その粒子内ではガス拡散などの物質移動抵抗は、移動距離の短いことから無視できて、還元速度は化学反応のみによって律速されると考えられる。したがって、ペレットの総括還元反応速度は微小粒子の還元反応に、集合体であるための影響を付加することで表示できると考えられる。そこで基礎式は

$$\frac{\partial F}{\partial \theta} = \frac{3}{\text{Cor}_g} k_c^{(Fe)} \left(1 + \frac{1}{K_e^{(Fe)}}\right) \left(1 - \frac{F}{f_w^{(Fe)}}\right)^{\frac{2}{3}} (C_A - C_{Ae}^{(Fe)}) \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial \theta} (\varepsilon C_A) = \frac{1}{R^2} \frac{\partial}{\partial R} (R^2 D_e \frac{\partial C_A}{\partial R}) - \frac{3(1 - \varepsilon_{FeO})}{r_g} \left(1 + \frac{1}{K_e^{(Fe)}}\right) \left(1 - \frac{F}{f_w^{(Fe)}}\right)^{\frac{2}{3}} (C_A - C_{Ae}^{(Fe)}) \quad (2)$$

ここで、粒内有効拡散係数 D_e は希釈ガスと KNUDSEN 拡散の影響を考慮して次式で表わした。

$$D_e = f(\varepsilon) D_{AB} / [(1 + D_{AB}/D_{KA}) - (1 - D_{AB}/D_{AC}) x_{Cb}] \quad (3)$$

3. 計算結果と考察 従来の実験結果のうちで、収支抵抗があまり問題とならない大流量の H_2-N_2 混合ガスによるウスタイトペレット還元の実測値³⁾を用いて上記改良モデルの妥当性を検討した。図1は1345 °Kの場合のペレット粒内の H_2 ガス濃度分布と局所還元率分布を数値解法により求め図示したものである。この局所還元率分布をみると、還元が進行してもその形はあまり変化せずほぼ平行に移動しており、また温度にも依存しない。そこでこの分布曲線によって反応帯の概略の幅 ΔR (いま $0.1 \leq F \leq 0.9$ の範囲とする) と推定すると、 $\Delta R/R_0 \approx 0.065$ となって高橋³⁾の実測値とよく一致する。また還元曲線の計算結果を混合律速プロットした場合、高橋³⁾の実測値と同様に下に凸の曲線となる。この2点から本モデルはウスタイトペレットの還元反応様式とかなりよく表わしている。

記号

C_A : 還元ガスAの濃度 (mol A/cm³)

C_0 : ペレットの被還元酸素濃度 (g-atm O/cm³)

$f_w^{(Fe)}$: 化学量論的係数 ($\equiv 1.0$) (-)

$f(\varepsilon)$: 有効空間率 (-)

r_g : 微小粒子の平均半径 (cm)

文献

1) 原: 鉄と鋼, 57(1971)9, p.1441

2) J. SZEKELY and J. W. EVANS: Met. Trans., 2(1971)6, p.1691

3) 高橋, 八木, 大森: 東北大学選鉱製鉄研究所集報, 26(1970)2, p.83

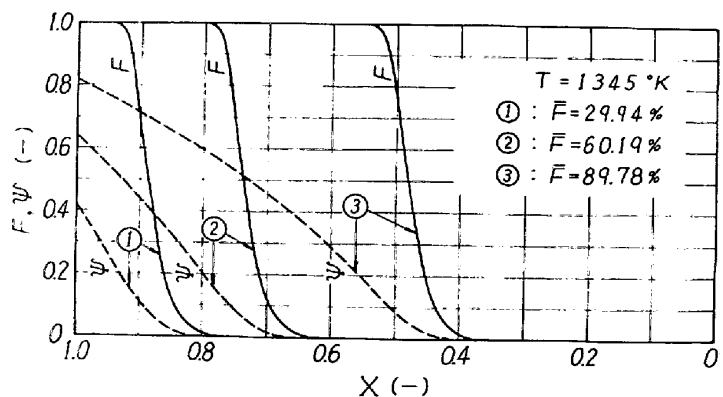


図1 H_2 ガス濃度分布および局所還元率分布