

(31)

固定層による酸化鉄ペレット還元の理論解析

東北大学選鉱製錬研究所 ○八木順一郎 大森康男

I. 結 言：鉄鉱石の還元反応速度の測定には、従来、J I S 規定にみられるように小型ではあるが、固定層が用いられている場合が多い。固定層内には、軸方向にペレットの還元率分布とガスの濃度分布が生じることが実験的に確認されたので、¹⁾これらについて理論的に検討する。

II. 基礎式：固定層内で温度と空間率は一定であるとし、半径方向にはガス、粒子ともに組成が均一であり、ガスはピストン流れであると仮定する。層内微小高さの回りでガスと粒子について物質収支を行なうと基礎式(1)、(2)が得られる。

$$u_s \partial c / \partial z + \varepsilon \partial c / \partial t = -R^* \dots (1) \quad \partial f / \partial t = R^* / (1-\varepsilon) \rho_s a \dots (2)$$

ペレットの還元反応速度 R^* は未反応殻モデルに従うものとして(3)式を使用する。

$$R^* = 3(1-\varepsilon)(c-c^*)/\phi r_s / [1/k_f + r_s(r_s-r_1)/r_1 D_g + r_s^2/r_1^2 k(1+1/K)] \dots (3)$$

(1)~(3)式を無次元化すると(4)~(6)式が得られる。

$$\partial \chi / \partial \theta + \partial \chi / \partial \eta = -R(\eta) \eta \dots (4) \quad \partial f / \partial \theta = \phi R(\eta) \dots (5)$$

$$R(\eta) = 1 / [1/\alpha + (1/\beta)(1-f)^{-1/3} - 1] + (1/\delta)(1-f)^{-2/3} \dots (6)$$

ここで、 $\eta \equiv z/L$, $\theta \equiv ut/L$, $\chi \equiv (c-c^*)/(c_s-c^*)$, $\alpha \equiv 3(1-\varepsilon)Lk_f/\phi r_s u_s$

$\beta \equiv 3(1-\varepsilon)L D_g/\phi r_s u_s^2$, $\delta \equiv 3(1-\varepsilon)Lk(1+1/K)/\phi r_s u_s$, $\phi \equiv \phi_s(c_s-c^*)/(1-\varepsilon)\rho_s a$

初期条件と境界条件は $\theta = 0$ で $\chi = f = 0$, $\eta = 0$ で $\chi = 1$ である。

III. 結 果：森山²⁾は(4)、(5)式を上記の初期、境界条件で解析的に解き、操作条件と f , θ , η の関係を示している。Privalov³⁾が固定層で行なった酸化鉄ペレットのCOガスによる還元実験の操作条件を森山の解に適用した結果を図1に示した。計算結果は実測値とよい一致を示している。さらに、ガスの濃度分布を求めるため、(4)、(5)式を直接数値積分し、 f と χ を推算した結果の一例を図2に示した。図1、2から、反応器が小型でも、層内には f と χ の分布が生じることが理論的に示された。特に、ガス流量が少なくなると、分布は極端になる。これらの結果から酸化鉄の還元反応速度の測定は固定層よりも単一粒子を用いる方が妥当であることがわかる。

記号：a：定数，c， c_s ， c^* ：層内，入口，平衡でのガス濃度， D_g ：粒内拡散係数，f：還元率，K：平衡定数，k：反応速度定数， k_f ：境界膜内物質移動係数， r_s ， r_1 ：粒子半径，反応界面半径， u ， u_s ：層内，空塔ガス流速，t：時間，z：距離， ε ：空間率， ρ_s ：ペレット見かけ密度， ϕ ：形状係数

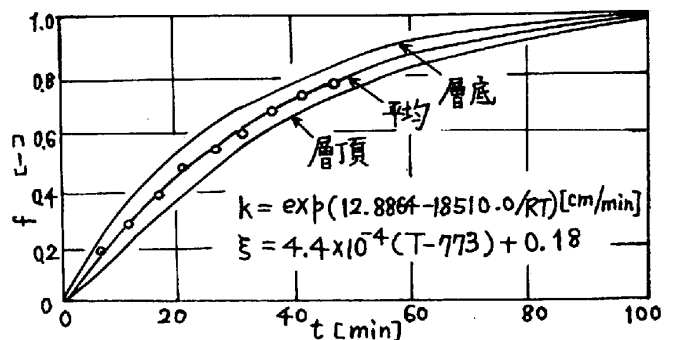


図1 固定層での還元率の時間的变化 ($L=16\text{cm}$, $D_R=8.0\text{cm}$, $d_p=0.9\text{cm}$, $\varepsilon_p=0.302$, $T=845^\circ\text{C}$, $u=3\text{m/sec}$, $X_{CO}=0.5$)

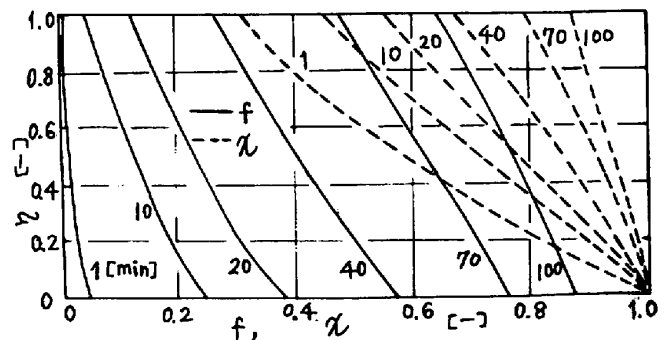


図2 軸方向における χ と f の分布 ($L=4.2\text{cm}$, $D_R=8.3\text{cm}$, $d_p=1.2\text{cm}$, $\varepsilon_p=0.149$, $T=925^\circ\text{C}$, $u=67\text{m/sec}$, $X_{CO}=0.4$)

1) 鶴村ら：本概要集，2) 森山：化工要旨集，第 $d_p=1.2\text{cm}$, $\varepsilon_p=0.149$, $T=925^\circ\text{C}$, $u=67\text{m/sec}$, $X_{CO}=0.4$ 1分冊，p149(1969)，3) S.I.Privalovら：Stalin English, (1960), p 4