

# (13) 酸化鉄ペレット単一球の還元反応における収支抵抗

大阪大学 工学部

近江宗一

○ 碓井建夫

1. 結言 一界面の未反応核モデルを用い化学反応過程, 粒内拡散過程および流速の影響を考慮した三過程の混合律速とする解析において, 加ス側の抵抗として加ス境膜内拡散抵抗のみを用いる解析<sup>1)</sup>とClair<sup>2)</sup>らの反応収支に基づく抵抗も考慮する解析とがある。本報ではこの収支抵抗について理論的にあるいはFeinman<sup>3)</sup>らの実験結果を用いて検討した結果を報告する。

2. 理論 酸化鉄ペレットの水素還元反応が未反応核モデルに従って進行する場合, 加ス境膜内拡散, 粒内拡散および化学反応の各速度はそれぞれ

$$n_{H_2f} = -4\pi r_0^2 k_f (C_{H_2a} - C_{H_2(0)}), \dots (1) \quad n_{H_2d} = -4\pi r_0^2 D_e (C_{H_2(0)} - C_{H_2i}) / (1/r_i - 1/r_0) \dots (2)$$

$$n_{H_2c} = -4\pi r_i^2 k_c (1 + 1/K) (C_{H_2i} - C_{H_2e}) \dots (3)$$

と表わされ, 反応が定常的に進行するとすれば  $n_{H_2f} = n_{H_2d} = n_{H_2c} \equiv n_{H_2} (< 0) \dots (4)$

となる。ところで  $n_{H_2}$  だけ反応が進めば試料周辺の  $H_2$  ガス濃度は平均として次式

$$C_{H_2a} = \{1 + n_{H_2} / (V_T \cdot C_{H_2b})\} C_{H_2b} \quad V_T: \text{流量 (cm}^3/\text{sec)} \dots (5)$$

のように低下する。式(1)~(5)より収支抵抗を考慮した総括反応速度, 還元時間はそれぞれつぎのようになる。

$$n_{H_2} = - \frac{4\pi r_0^2 (C_{H_2b} - C_{H_2e})}{\frac{1}{k_f'} + \frac{r_0}{D_e} \left\{ \frac{1}{(1-F)^{2/3}} - 1 \right\} + \frac{1}{k_c (1 + 1/K) (1-F)^{2/3}}}, \dots (6)$$

$$t = \frac{3\rho_p r_0}{C_{H_2b} - C_{H_2e}} \left\{ \frac{F}{3k_f'} + \frac{3 - 3(1-F)^{2/3} - 2F}{6D_e/r_0} + \frac{1 - (1-F)^{2/3}}{k_c (1 + 1/K)} \right\} \dots (7)$$

$$\text{ここで } k_f' = (1/k_f + 4\pi r_0^2/V_T)^{-1}, \dots (8) \quad F = 1 - (r_i/r_0)^3 \dots (9)$$

3. 計算結果と考察 図1に収支抵抗を考慮した場合としない場合について総括反応速度  $n_{H_2}$  の還元率  $F$  による変化を示した。ここでガス利用率100%の場合の総括反応速度  $n_{H_2max}$  とは, 供給される水素量  $x_{H_2b}V / (22.4 \times 60)$  (mol H<sub>2</sub>/sec) のうちで還元反応が平衡に達する分圧までが消費されると考えた場合のもので, 次式で表わされる。

$$n_{H_2max} = -x_{H_2b}V / \{22.4 \times 60 (1 + 1/K)\} = -V_T (C_{H_2b} - C_{H_2e}) \dots (10)$$

大流量の場合には  $k_f'$  と  $k_f$  にあまり差がないので, 総括反応速度の値もほとんど差がない。低流量側では収支抵抗を考慮した総括反応速度は流量が減少するにつれて反応初期の値が  $n_{H_2max}$  に徐々に漸近する状態で低下してゆくが, 収支抵抗を考慮しないものはあまり低下せず, ついには供給される以上の水素ガスを消費するような反応が進行するという結果に到達する。

図2の(a), (b)にそれぞれ収支抵抗を考慮した場合と考慮しない場合の実験値(Feinman<sup>3)</sup>の結果を利用)の混合律速プロットを示す。ほぼ鉄鉱石ペレットの性状は同一と考えられるので, 妥当な解析方法を用いればほぼ同一直線の近傍にプロットが集まるはずである。(a)の場合には比較的そのような傾向がうかがわれ, 勾配と切片から求めた  $D_e, \varepsilon, k_c$  の値もほぼ同じ程度の値を示す。ところが収支抵抗を考慮しない(b)の場合には低流量側のプロットが高流量のものから大きくかけ離れ勾配も負になるなどの問題が生じてくる。

文献 1) 森山, 八木, 鞭: 日本金属学会誌, 29(1965)5, p.528 2) H.W.Sc. Clair: Trans. Inst. Met. Soc. AIME, 233(1965), p.1145 3) J. Feinman, N.D. Smith, and D.A. Muskat: Indust. Eng. Chem. Process Design & Development, 4(1965)3, p.271

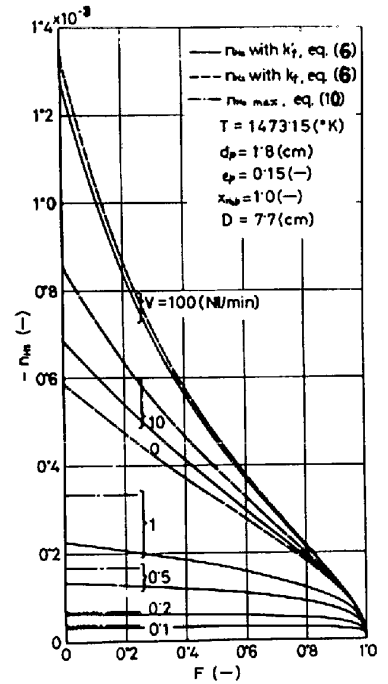


図1 反応速度の流量依存性

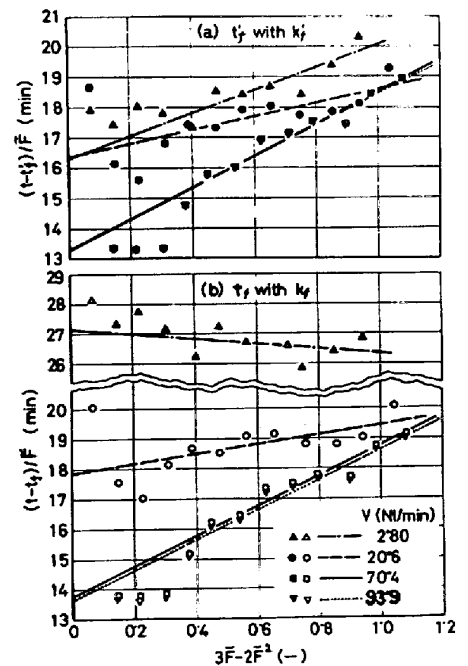


図2 収支抵抗を考慮した場合(a)と考慮しない場合(b)の混合律速プロット