

(34) 酸化鉄ペレット単一球の還元反応における収支抵抗の実験的検討

大阪大学 工学部 近江宗一 碓井建夫 ○ 内藤誠章(大学院) 貝田忠彦(阪和興業)

1. 結言 酸化鉄ペレットの還元速度に関する理論解析において、ガス側の抵抗として、ガス境膜内拡散抵抗のみを用いる解析とClairらの反応収支に基づく抵抗も考慮する解析とがある。しかし、比較的低流量の場合、どちらの解析方法を用いても、うまく現象をとらえにくい。本研究ではこの収支抵抗の評価について実験的に検討した。

2. 実験 図1に示す内径54mmの反応管を使用し、還元ガスとして市販の水素ガスをを用いた。ガスは予熱と整流を兼ねてアルミナ球充填層を通す。還元条件は、温度600~1000℃、ガス流量0.2~20 NL/minで、試料として(株)神戸製鋼所より供与頂いた塩基度2.15、気孔率0.24、粒径11~12mmの自溶性ペレットを使用した。

3. 実験結果および考察 収支抵抗を論じる場合、ガス相の濃度分布状態が問題となる。アルミナ球充填層を通った反応管内の流れは、助走区間を経てペレット近傍ではほぼ発達したポアズイユ分布を形成するものと思われる。他方ペレット近傍の濃度場は、流量によって程度は異なるが、球のまわりの速度分布、温度分布あるいは反応管内の自然対流の影響などを受けて、完全混合と栓流との中間的な混合状態になるものと考えられる。また一界面未反応核モデルでは、擬定常状態を仮定してモデルを立てているが、厳密には非定常状態と考えられ、この仮定と実際との差が、ガス相において顕著にあらわれることも考えられる。図2に収支抵抗を考慮した場合と考慮しない場合の混合律速プロットを示す。この図から、低流量を除くと、収支抵抗を考慮するしないにかかわらず、ほぼ同一の切片と傾きを持つことが分る。しかし低流量の場合、収支抵抗のありなしによって混合律速プロットが大きく上下に移動するため、化学反応速度定数 k_c および粒内拡散係数 D_e を評価することができない。ところが、EPMAあるいは断面観察から低流量においても界面が比較的シャープであり、ペレット内温度降下も小さいので、等温未反応核モデルで近似できると考えられる。

そこで収支抵抗の寄与の程度を K ($0 \leq K \leq 1$, $K=0$: 収支抵抗なし, $K=1$: 収支抵抗あり) で表わすと、混合律速プロットを描く際の関係式はつぎのように修正される。

$$(t-t_f^*)/\bar{F} = [3\rho_p r_0 / (C_{H_2b} - C_{H_2a})] \{ (3\bar{F} - 2F^2) / (6D_e / r_0) + 1 / [k_c(1+K)] \}$$

ただし $\bar{F} = 1 - (1-F)^{1/3}$, $t_f^* = \rho_p r_0 F / \{ k_f^* (C_{H_2b} - C_{H_2a}) \}$, $k_f^* = (1/k_f + 4\pi K r_0^2 / V_r)^{-1}$

800℃, 0.2 NL/min の場合を例にとると、 K 値による変化は図3のようになる。同一試料では k_c, D_e がガス流量によって変化しないことを基準にして判断すると、図3の場合では $K=0.4 \sim 0.6$ のときに比較的低流量の高い場合の k_c, D_e と一致する。以上の結果から、低流量の場合、収支抵抗をある程度加味すればよいことがわかった。

文献 1) H.W.St. Clair: Trans. Met. Soc. AIME, 233(1965), p.1145

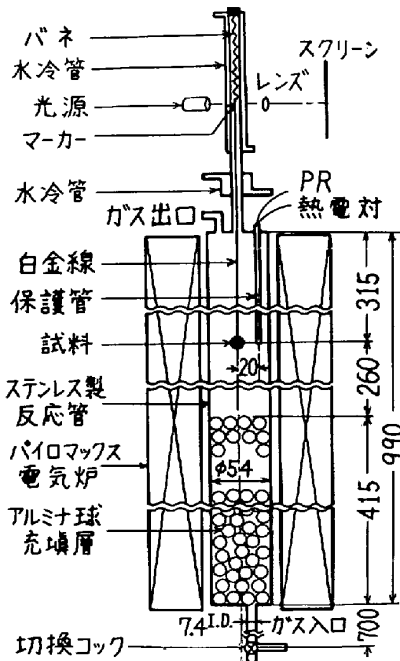


図1 実験装置の概要

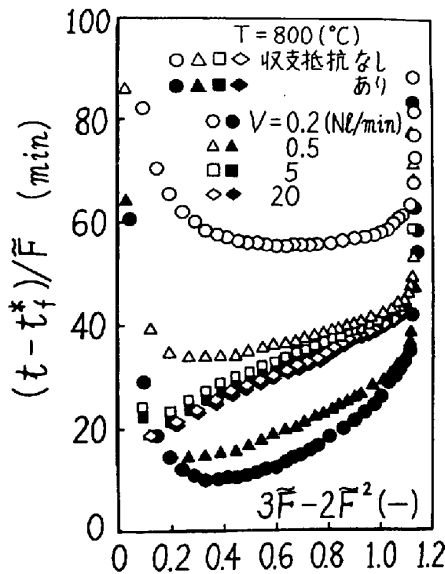


図2 混合律速プロット

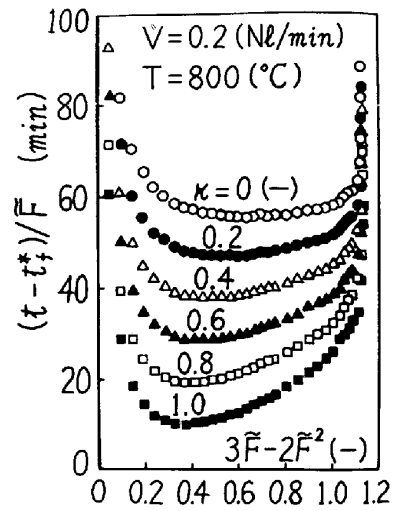


図3 混合律速プロット