

(15) 中間モデルの速度パラメータの決定法

九州大学工学部

○ 村山武昭 小野陽一

1. 緒言 酸化鉄ペレットのガス還元の解析には未反応核モデルが広く使用されてきた。しかし未反応核モデルが適用できるのは見掛け上のことであり、厳密には多孔質ペレットモデルを用いて解析すべきである。多孔質ペレットモデルの中で中間モデル¹⁾は解析解が得られており、解析が容易であるという長所があり、また、中間モデルの速度パラメータをもとに得られるThiele数 $\phi (= r_0 \sqrt{k_v/D_{so}})$ は、未反応核モデルの適用性の一つの尺度を与える¹⁾。しかし、中間モデルの速度パラメータの簡便な決定法が知られていないため、従来このモデルはあまり使用されていない。ここでは実験データから中間モデルの速度パラメータ(化学反応速度定数 k_v 、生成物層内有効拡散係数 D_s 、反応帯内有効拡散係数 D_{so})とThiele数を求める方法を考察したので報告する。

2. 中間モデル 中間モデルでは均一モデル的に反応が進行する第1段階と未反応核モデル的に反応が進行する第2段階に分けて解析がなされている。それぞれの段階において、時間 t と還元率 F の関係は次のように与えられる。

1) 第1段階 $F = E_f k_v (C_A^b - C_{Ae}) t / [C_{so} \{1 + (D_{so}/k_f r_0)(\phi' \coth \phi' - 1)\}]$ ----- ①

ここで E_f は有効係数であり次式で定義される。 $E_f = \{3/(\phi')^2\}(\phi' \coth \phi' - 1)$ ----- ②

2) 第2段階 $F = 1 - \xi_m^3 + \{3\xi_m/(\phi')^2\} \{ \phi' \xi_m \coth(\phi' \xi_m) - 1 \}$ ----- ③

$k_v (C_A^b - C_{Ae}) t / C_{so} = 1 + (1 - D_{so}/D_s) \ln \{ (\xi_m \sinh \phi') / \sinh(\phi' \xi_m) \} + (\phi'^2/6)(1 - \xi_m)^2(1 + 2\xi_m) + (D_{so}/D_s)(1 - \xi_m) \{ \phi' \xi_m \coth(\phi' \xi_m) - 1 \} + (D_s/k_f r_0)(\phi'^2/3)(1 - \xi_m^2) + (D_{so}/k_f r_0) \{ \phi' \xi_m \coth(\phi' \xi_m) - 1 \}$ ----- ④

ここで、 C_A^b, C_{Ae} : それぞれガスAのバルク濃度及び平衡濃度、
 C_{so} : 被還元酸素濃度、 k_f : ガス境界膜内物質移動係数、 r_m : 反応帯外半径、 r_0 : ペレット半径、 $\xi_m = r_m/r_0$ 、 $\phi = r_0 \sqrt{k_v/D_s}$

3. 速度パラメータの決定法 ①式によると第1段階では、 t と F の関係は直線となり、また、第1段階の終了時には、 $F = E_f$ となる。(したがって、Fig. 1の還元データより、直線から直前の点を (t_1, F_1) とすると、 F_1 は E_f に等しいので、②式の関係を図示したFig. 2より ϕ' を求めることができる。また、①式を変形すると、

$k_v = 1 / \{ t_1 (C_A^b - C_{Ae}) / C_{so} - r_0 E_f / 3 k_f \}$ ----- ⑤

となり、この式より k_v が求まる。 D_{so} は $D_{so} = (r_0/\phi')^2 k_v$ ----- ⑥
 より求まる。 D_s は、③式及び④、⑤式を変形して得られる⑦式に還元データ (t_2, F_2) を代入することにより決定できる。

$D_s = \frac{t_2 (1 - \xi_m) \{ 1 + \xi_m + \frac{2}{\xi_m} (F_2 - 1) \} - \frac{D_{so}}{k_v r_0} \ln \frac{\xi_m \sinh \phi'}{\sinh(\phi' \xi_m)}}{\frac{t_2 (C_A^b - C_{Ae})}{r_0 C_{so}} - \frac{1}{k_v r_0} \{ 1 + \ln \frac{\xi_m \sinh \phi'}{\sinh(\phi' \xi_m)} \} + \frac{F_2}{3 k_f}}$ ----- ⑦

文献

1) M. Ishida and C.Y. Wen: AICHE J., 14 (1968) P.311.

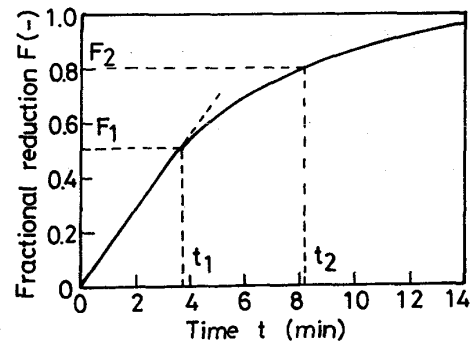


Fig. 1. Reduction curve.

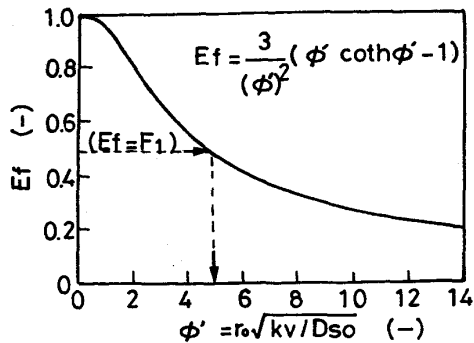


Fig. 2. E_f vs. ϕ' .