

(2) 収支抵抗を考慮した粉鉄鉱石の高圧還元速度の解析

北開試 西川泰則 鈴木良和 植田茅信 O 佐山惣吾
北大工 近藤真一 桜井雅昭

未反応核モデルによる解析結果 見掛けの限界ガス流量に近い H_2 ガス(30~35 $^{NL}/min$)を流し粉鉄鉱石(60~100 mesh)を還元した場合、未反応核モデルによる解析ではほぼ界面化学反応律速となる¹⁾。1-(1-f)^{2/3}=k_ctの簡略した式を用い H_2 圧力を6~21 atmと変化させ、また試料量を0.5, 0.2, 0.1gとした場合のk_cを図1に示した。この結果試料量を少くして行くに従いk_cがさらに上昇する傾向がみられた。この理由は還元ガス H_2 が生成ガス H_2O により希釈される効果(収支抵抗)によるものではないかと考えられる。図1に示されるk_cと P_{H_2} の関係は $[k_c = \frac{a P_{H_2}}{b + P_{H_2}}]$ で整理した手法²⁾により定数a, bを求めた。試料量が0.5gの場合には $k_c = 0.024 \frac{P_{H_2}}{1 + 0.12 P_{H_2}}$ となりこの関係より P_{H_2} 無限大のk_cが求められる。次にこの結果をもとに外挿法により試料量無限少のときのk_cを求めることを試みた。図2よりわかるように試料量とk_cの関係は片対数のグラフ

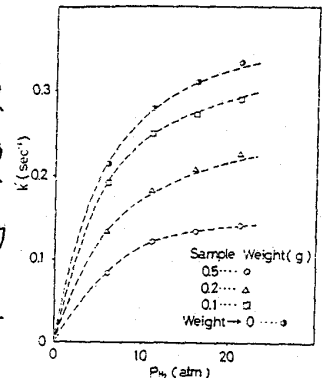


図1. H_2 圧力と k_c の関係

上にほぼ直線であり、縦軸との切片より試料量無限少のときの各圧力におけるk_cが求められる。しかしこの手法の理論的根拠は薄い。

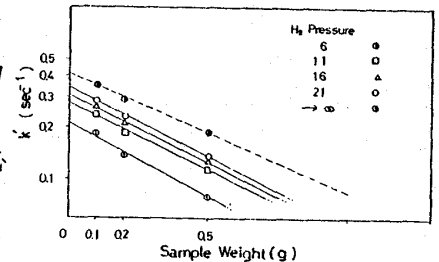


図2. 試料量無限少に外挿した k_c

本研究の目的 粉鉄鉱石の未反応核モデルによる解析では、化学反応速度定数 k_c が粒径に比例して大きくなる結果を与え不合理であり³⁾、顕微鏡観察の結果もそれを支持している⁴⁾。そこで原の並列モデル⁵⁾を用い、粉鉄鉱石粒子は半径 r_0 の多孔質球状とし均一な半径 r_0 の緻密な結晶の集合体で反応前の空隙率 ϵ_0 は粒内一定と仮定し、これまで未検討であった収支抵抗を考慮した還元速度の解析を目的とした。

総括反応速度式 この場合粒子内拡散は無視し得るので次式で示めされる。

$$\frac{d f}{d t} = \frac{3(\gamma_0 - \gamma_e)}{RT(1-\epsilon_0)r_0 d_0 \left\{ \frac{k_c(1-f)^{2/3}}{r_0(1-\epsilon_0)k_c(1+\alpha)} + \frac{1}{k_t} + \frac{3k_c W}{r_0 \rho_0 V} \right\}}$$

ここで試料量0.5g, 700°C, 11 atm, H_2 流量30 $^{NL}/min$ の場合について各抵抗の全抵抗に占める割合を推算してみる。このとき真の化学反応速度定数 k_c および結晶粒径 r_0 は不明であるが未反応核モデルを仮定して得た化学反応速度定数 $k_c = 0.619 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ を用いて $\frac{r_0}{r_0(1-\epsilon_0)k_c} = \frac{1}{k_c}$, 完全混合に対する割合 $\alpha = 1$ として推算する。

$$\frac{k_c(1-f)^{2/3}}{r_0(1-\epsilon_0)k_c(1+\alpha)} = 0.491(1-f)^{2/3} \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-1}, \frac{1}{k_t} = 0.0083 \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-1}, \frac{3k_c W}{r_0 \rho_0 V} = 0.223 \text{ sec} \cdot \text{cm}^{-1}$$

となり還元率 f における各抵抗の比(%)は次のようになる。ここで計算に用いた k_c は他の抵抗を無視したものであるが真の k_c よりも小さくなっているが、境界物質移動抵抗は無視し得るオーダーであるのに対して、収支抵抗は無視し得ないことが明らかである。すなわち H_2 流量30 $^{NL}/min$ ではまだ真の限界流量には達していないことが示される。

f	0	0.3	0.6	0.9
化学反応抵抗比 η_c	68.0	72.9	79.6	90.8
境界物質移動抵抗比 η_t	1.1	1.0	0.8	0.3
収支抵抗比 η_m	30.9	26.1	19.6	8.9

文献 リ西川ら：鉄と鋼65(1979)S.104,2) W.M. McKewan: Trans AIME. 224(1962)P. 387,3) 佐山ら：鉄と鋼65(1979)S.105,4) 佐山ら：鉄と鋼65(1979)PS. 8,5) 原：鉄と鋼57(1971)P. 1441