

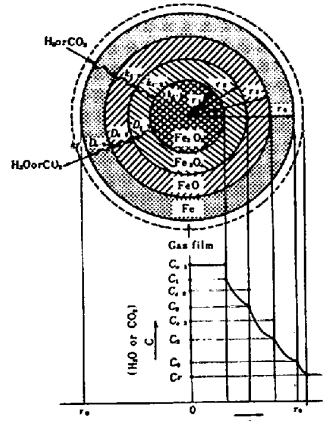
(32) シャフト炉の数学的モデルによるシミュレーション

新日本製鉄(株)基礎研究所

近藤真一 ○原 行明
坂輪光弘

1. 緒言 鉄鉱石ペレットのシャフト炉によるガス還元に関する数学的モデルは多数発表されている。しかし従来のモデルは酸化鉄の還元を1段反応としたものが多い。シャフト炉ではガスと鉱石が向流接触するから、平衡的にも反応推進力は位置によって大きく異なり、この点から還元反応を $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ と多段化して扱う必要があると考える。著者らはペレットの還元が多界面未反応核モデルで進行するとした反応速度式に基づいて、シャフト炉還元の数学的モデルを組立て、小型シャフト炉(径0.1m, 高さ4.0m)の実験データ¹⁾に適用した。

2. 数学的モデル 図・1は3界面の反応モデルであるが、還元条件によって1, ~3界面で進行するので、最初にこれらの還元速度式を導出した。(1)~(3)式は3界面の場合の速度式である。これらの式をシャフト炉の微小高さ(2cm)に適用し、それを炉頂条件から逐次計算する数学的モデルとした。



図・1 3界面反応モデル

$$V_1 = -4\pi r_0^3 d_{O_2} (1-\epsilon_{O_2}) x^2 \left(\frac{dx}{d\theta}\right) = \frac{4\pi r_0^2}{W_3} \{ \{ A_3 (A_2+B_2+B_3+F) + (A_2+B_2) \cdot (B_3+F) \} \cdot (Ce_{\cdot 1} - CF) - \{ A_3 (B_2+B_3+F) + B_2 (B_3+F) \} \cdot (Ce_{\cdot 2} - CF) - A_2 (B_3+F) \cdot (Ce_{\cdot 3} - CF) \} \dots \dots \dots (1)$$

$$V_2 = -4\pi r_0^3 d_{O_2} (1-\epsilon_{O_2}) y^2 \left(\frac{dy}{d\theta}\right) = \frac{4\pi r_0^2}{W_3} \{ \{ (A_1+B_1+B_2) \cdot (A_3+B_3+F) + A_3 (B_3+F) \} \cdot (Ce_{\cdot 2} - CF) - \{ B_2 (A_3+B_3+F) + A_3 (B_3+F) \} \cdot (Ce_{\cdot 1} - CF) - (A_1+B_1) \cdot (B_3+F) \cdot (Ce_{\cdot 3} - CF) \} \dots \dots \dots (2)$$

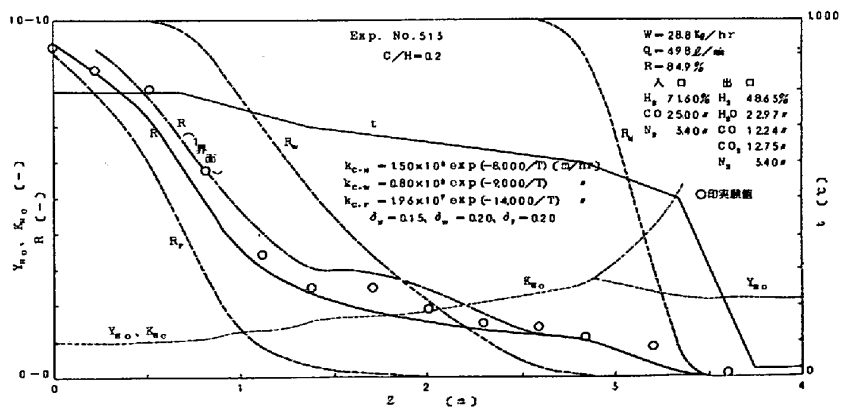
$$V_3 = -4\pi r_0^3 d_{O_2} (1-\epsilon_{O_2}) z^2 \left(\frac{dz}{d\theta}\right) = \frac{4\pi r_0^2}{W_3} \{ \{ (A_1+B_1) \cdot (A_2+B_2+B_3+F) + A_2 (B_2+B_3+F) \} \cdot (Ce_{\cdot 3} - CF) - A_2 (B_3+F) \cdot (Ce_{\cdot 1} - CF) - (A_1+B_1) \cdot (B_3+F) \cdot (Ce_{\cdot 2} - CF) \} \dots \dots \dots (3)$$

ここで, $x = r_1/r_0, y = r_2/r_0, z = r_3/r_0, W_3 = (A_1+B_1) \cdot \{ A_3 (A_2+B_2+B_3+F) + (A_2+B_2) \cdot (B_3+F) \} + A_2 \{ A_3 (B_2+B_3+F) + B_2 (B_3+F) \}, A_1 = 1/x^2 kc_{\cdot 1} (1-1/K_1), A_2 = 1/y^2 kc_{\cdot 2} (1-1/K_2), A_3 = 1/z^2 kc_{\cdot 3} (1-1/K_3), B_1 = r_0 (y-x) / xy De_{\cdot 1}, B_2 = r_0 (z-y) / yz De_{\cdot 2}, B_3 = r_0 (1-z) / z De_{\cdot 3}, F = 1/k_F.$

3. シミュレーション結果

図・2はシミュレーション計算の例である。多界面モデルのため還元率曲線が滑らかになっている。

1) 鉄鋼協会, 原子力部会, 共同研究会報告「シャフト炉による鉄鉱石の還元法」(S. 47. 5. 10)



図・2 H₂-COガス還元に対する計算例