

(19) 炉頂ゾンデを用いた高炉内状況推定モデルの開発

新日本製鐵 生産技研 重見 彰利 八幡製鐵所 鈴木 明
基礎研 肥田 行博 君津製鐵所○山口 一良

1. 緒言

高炉において、ガス及び装入物温度、ガス流速、装入物降下速度等の半径方向の分布を知ることは、高炉を高効率かつ安定に操業するために非常に重要である。筆者らは、現在高炉で一般化している炉頂ゾンデ測定値（半径方向のガス温度、ガス組成分布）を用いて炉内状況を推定するモデルを開発し、そのモデルを解体した広畑1高炉、洞岡4高炉の炉内状況推定に適用し、解体結果と比較してその妥当性を検証した。さらに、このモデルで稼働中の高炉の炉内状況推定を試み、操業解析を行なった。

2. 数式モデル

モデルの基本的な考え方（前提）は次の通りである。(1)高炉を半径方向に20等分し、この各領域ではガスの流れはピストン流である。(2)間接還元は固体温度が1000℃で終了する。すなわち、固体温度=1000℃ではガス中 $\text{CO}_2=0$ となる。また1000℃レベルではガスと固体の温度は等しい。(3)半径方向の各領域の熱損失は各領域の半径に比例する。(4)半径方向の（コークス+鉱石）層厚は一定である。(5) H_2 還元は CO 還元に比例する。

また、実際モデルの作成に当り次の仮定をおいた。(1)ガス-固体間の伝熱は Ranz の単一球の式を用いる。(2)還元速度式は筆者らが作成した化学反応律速の3界面モデルを用いる¹⁾。(3)半径方向の粒度分布は分布試験装置による結果を採用する。

2-1. 第1ステップ（各領域のガス流量、装入物降下速度の算出）

各領域ごとに、1000℃までの塊状帯における熱収支、物質収支を行ない、ガス流量、鉱石、コークス降下速度を算出する。各領域ごとのガス流量の総和が、高炉の総ガス流量に一致するように、各領域の炉頂ガス温度（炉頂ゾンデ測定値）に係数を乗じて調整する。これにより、各領域の炉頂ガス温度の総平均が、アップテイクで測定される平均炉頂ガス温度に一致する。

2-2. 第2ステップ（炉内温度分布の算出）

各領域ごとに、ガス及び固体温度の高さ方向の微分方程式をたて、炉頂ゾンデ測定値を初期値とし装入物表面より羽口に向つてRunge-Kutta-Gill法により計算を行ない²⁾、固体温度=1000℃のときガス中 $\text{CO}_2=0$ となるように炉壁熱伝達係数を調整する。

3. 高炉解体結果との対応

数式モデルで推定した固体温度=1000℃のラインを装入物融着開始位置とし、解体した洞岡4高炉に適用してみると、図-1に示すようにかなり良い一致を見、この数式モデルによる炉内温度分布（すなわち融着開始位置）の推定は妥当であると考えられる。

4. 実炉の操業解析

数式モデルで当社の4000 m^3 級の大型高炉の炉内温度分布を推定し、融着開始位置と高炉操業因子との関連を解析した例を図-2に示す。周辺部融着開始位置が低下すると、 γ_{co} は上昇し、溶銑中 $[\text{Si}]$ が低下し、溶銑温度が上昇する。（文献）1)鉄と鋼54(1968)P1431~36 2)鉄と鋼54(1968)P1019~31

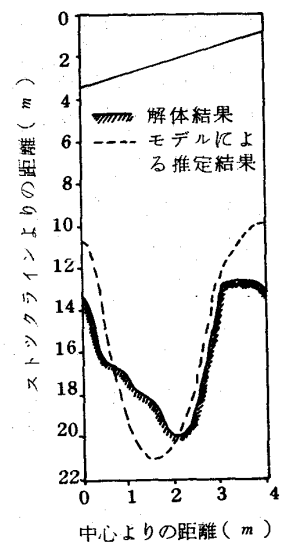


図-1 解体高炉での検証

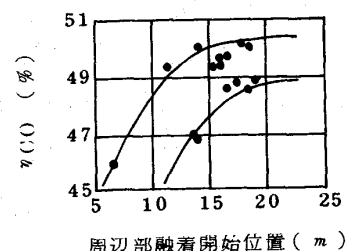


図-2 実炉解析結果