

川崎製鉄(株) 技術研究所 ○田口整司 (工博) 梶谷暢男
 千葉製鉄所 久保秀穂 一藤和夫

1. 緒言 高炉内でのSi移行に関する定量的取り扱いが必要となってきた。とりわけSi低下の操作因子を考えるうえで、羽口前でコークス灰分から発生するSiO₂ガスと滴下帯でスラグから発生するSiO₂ガスとの銑中Si濃度に対する寄与率を明らかにすることが要点の一つである。本報では、数学的モデルによって、この点を検討した。

2. モデルの構成 炉内の物質流れを一次元的に捉えて、炉頂ストックラインから炉底湯溜りの全領域にわたる数学的モデルを作成した。なお、動的挙動の把握もできるよう非定常を扱う微分方程式とした。一例を次式に示す。ここで、*l*および*j*は気

$$\frac{\partial T_l}{\partial \theta} - v_l \frac{\partial T_l}{\partial z} = \sum_j \frac{(C_j T_j - C_l T_l)}{C_l \rho_l} \frac{\partial T_l}{\partial z} + \sum_i \beta_{j,i} R_i + \sum_i \frac{\alpha_i (-\Delta H_i) R_i}{C_l \rho_l} + \sum_j \frac{h_{j,l} a_{j,l} (T_j - T_l)}{C_l \rho_l}$$

相(g)、固相(s)、メタル相(m)、スラグ相(sl)に相当する添字であり、*i*は間接還元、ソルロス反応、直接還元、メタルとスラグの融解、SiO₂の発生および溶鉄へのSiの吸収反応を示す添字である。また*h_{j,l}*、*a_{j,l}*は*j*相-*l*相間の伝熱係数、有効比表面積であり、*T*、*θ*、*v*、*z*、*C*、*ρ*、*R*、(-Δ*H*)はそれぞれ温度、時間、流れの線速度、高さ位置、比熱、充填層単位体積中に存在する質量、反応速度、反応熱を表わし、*α*と*β*は定数である。スラグからのSiO₂の発生反応速度、溶鉄へのSiO₂からのSi移行速度はそれぞれ次式で与えた。羽口前でのコークス灰分中のSiO₂からのSiO₂の発生は

$$R_s = k_s \cdot a_s \cdot s_l \cdot a_{SiO_2}, \quad k_s = 3.57 \times 10^8 \exp(-177,000/RT)^{1)}$$

$$R_m = k_m \cdot a_g \cdot m \cdot P_{SiO}, \quad k_m = 4.77 \times 10^8 \exp(-66,500/RT)^{2)}$$

SiO₂-Al₂O₃-CaO 3元系状態図において、灰分の融点が羽口に供給されるコークス温度に等しくなるまで還元ガス化するとした。また、気相に残留して溶融帯まで到達したSiO₂ガスは気相中で酸化し、全量脈石分に吸収されることになる。その他、塊状帯での反応速度式については文献3を参照されたい。計算のフローを右図に示した。

3. 計算結果 上述した伝熱係数のうち気-固間の伝熱係数は炉内全体の温度分布に大きな影響を与え、固-液間の伝熱係数は銑鉄とスラグの温度分布を大きく左右する。

それゆえ、まず千葉第3高炉の操業をベースとして、炉内温度分布および溶鉄温度の計算結果が実績によく合致するようこれら二つのパラメータを定めた。このようにして得た解析結果の一例として、図2に滴下帯での変数分布の計算例を、図3に%を3.6, 3.5, 3.4と変化させた時のSi濃度変化と種々の操作因子の変化状況を示す。図中の斜線で囲った領域は3高炉での実績のSi濃度と溶鉄温度との関係を示すが、計算結果は温度依存性もよく合致している。この温度レベルでは溶鉄へのSi移行速度が律速段階となっており、スラグからのSiO₂の発生は計算上わずかとなっている。今後*k_s*の精度向上にさらに期待したい。

文献1)角戸;私信, 2)梶谷, 徳田, 大谷;鉄と鋼58 P1927, 3)久保ほか;鉄と鋼67 S79

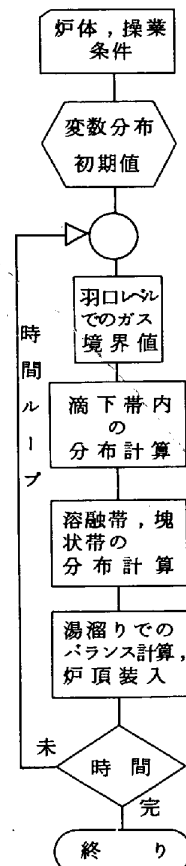


図1 計算のフロー

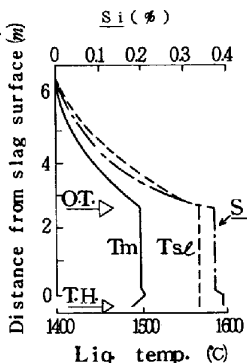


図2 炉内分布の計算例

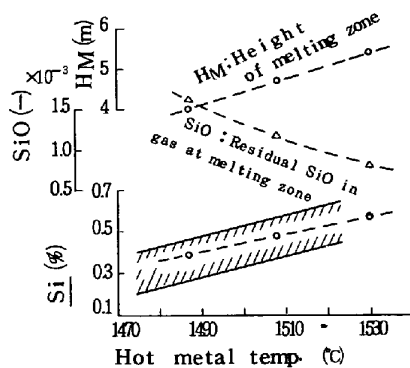


図3 銑中Si濃度を規制する因子の比較