

新日本製鐵(株)基礎研究所

○荒井耕一 中村正和

原 行明

1. 緒 言

石炭乾留機構を解明するための手段としては、分析化学の手法によりミクロ的にその乾留反応を追跡する方法¹⁾と、シミュレーション・モデルを開発することによりマクロ的に現象を捉える方法とがある。特に、実際のコークス化過程を直接かつわかりやすく説明するためには、後者の方法がきわめて重要であるにもかかわらず、その過程が軟化、溶融、ガス発生、固化などの複雑な現象を伴うために、今だに納得のいく詳細な解析は行われていない。ここでは、後者による「数学的伝熱シミュレーション」を行って石炭乾留の支配因子を検討し、あわせて石炭乾留過程の伝熱状態推定の可能性を探った。

2. 理論モデル

微小区間での熱の出入りを考え、そこにフーリエの法則を適用、さらに気体発生を考慮して次式を得た。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda A \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = \frac{\partial (A \rho_s H_s)}{\partial t} + A \rho_s v_g \frac{\partial H_g}{\partial t} \frac{\partial \theta}{\partial t} dt \dots\dots ①$$

$$\therefore \alpha \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)^2 + \beta \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = r \frac{\partial \theta}{\partial t} + \delta \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right)^2 dt \dots\dots ②$$

次に②式を差分近似し、その安定性および収束性に対する検討により、 α 、 β 、 r 、 δ あるいは格子点のとり方 r に関する条件を導出した。なお、物性値は温度のみの関数とした。

3. 乾留実験との対比

実際に行なった乾留実験の模式図(モデル)を図1に示す。これを上記理論モデルに適用し、境界条件を設定した。なお上面は断熱面で発生気体を透過するとし、炭槽の高さ h は一定で、膨張収縮を伝熱面積 A に含めて考えたとした。

4. 検討方法および結果

実験あるいは文献により物性値を温度の関数として求め、上記条件との整合性を調べた。そして電子計算機を用いて差分近似に基づくプログラム計算を行い、その結果を小型乾留炉の実測値と比較した。その一例を図2に示す。さらに比熱の評価方法、気体発生の影響等の検討を行い、次のようなことがわかった。

- (1) 安定性・収束性の条件を考慮することにより、石炭乾留過程の数学的シミュレーションが可能である。
- (2) 比熱(蒸発潜熱あるいは反応熱を含む)は最も支配的な因子と考えられ、比熱を正しく評価するか否かがシミュレーションの適・不適を決める。
- (3) 気体発生を無視しても結果はほとんど変わらない。

(文献) 1) 坂輪, 鶴野: 燃協, コークス・サーキュラー,

28, 33 (1979)

λ : 熱伝導率, A : 伝熱面積
 ρ_s : 固体(溶融体)の見掛け密度
 H_s : 固体(溶融体)のエンタルピー
 v_g : 気体発生速度
 H_g : 発生気体のエンタルピー
 θ : 温度, x : 位置, t : 時間
 α, β, r, δ : 係数
 (物性値の関数)
 $r = \Delta \theta / (\Delta x)^2$

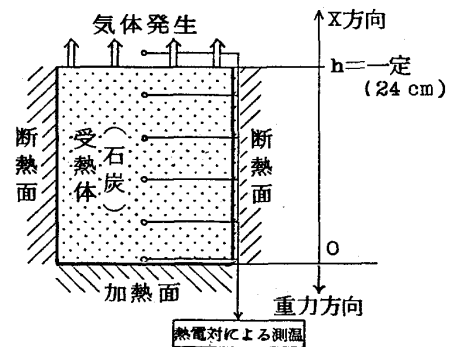


図1 底面加熱小型乾留炉のモデル

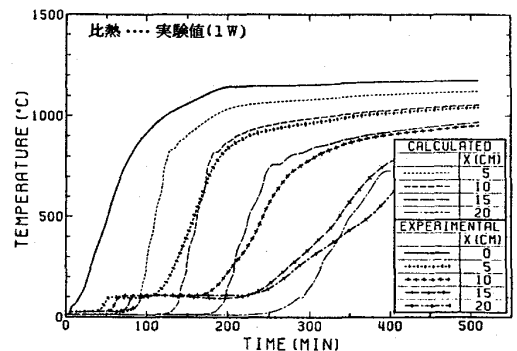


図2 乾留温度曲線