

(III) 充填層における熱交換速度の基礎的研究

東北大学選鉱製錬研究所 ○秋山友宏, 工博 高橋礼二郎  
工博 八木順一郎

1. 緒言 : 充填層型熱交換プロセスにおいては, 気体・固体間の伝熱速度が重要な役割を果たしている。しかし, 従来報告された推算式を金属製錬プロセスのような高温, 高流速の熱交換プロセスに適用すると妥当な温度分布が得られないことが報告されている。<sup>1), 2)</sup> 本研究においては温度域や流速域のみならず粒子の物性にも留意しながら, 充填層における流通ガスと充填粒子間での熱交換速度を検討した。

2. 実験方法および結果 : 実験は, 球状固体の充填層内に 673~1273K の温度範囲の N<sub>2</sub> ガスを最大 1 N m<sup>3</sup>/min 流通させ, 層内各位置のガスおよび固体の温度変化を測定した。Fig. 1 に装置の概略図を示す。電気炉を所定の温度まで昇温し, ガスを流通させ, 炉内が定常状態に達した後に, エアーシャッターにより上部より 2 sec 以内で充填層を落下させた。熱電対が表面, 中心, 内部に埋め込まれた粒子を充填層内同一高さに配置し粒子内温度変化を, さらに, 層入口, 出口にサクシオンパイロメーターを設置しガスの温度変化を測定した。粒子として 10~20mmφ の酸化鉄ペレット, 鉄球を用いた。炉内半径方向の温度分布は 1% 以内であった。結果の一例を Fig. 2 に示す。実験条件は, 入口ガス温度 773 K, ガス流量 500 NI (N<sub>2</sub>) /min, 充填層の層高 7.5cm, 充填した酸化鉄ペレットの平均粒径 11.25 mmφ, 空間率 0.374 であり, 熱電対を埋め込んだペレットの位置は 3cm の高さである。粒子内の温度差は 283sec 後, 最大 63℃ に達した。

3. 理論 : 気体, 固体 (粒子内均一温度) に関する熱バランスは次式で示される。

$$\partial \theta_g / \partial \eta + (1/\nu) \cdot \partial \theta_g / \partial \tau = -\lambda_g (\theta_g - \theta_s) / [p_g \{C_g + (\theta_g + \Delta \theta) dC_g / d\theta_g\}]$$

$$\partial \theta_s / \partial \tau = \lambda_s (\theta_g - \theta_s) / [p_s \{C_s + (\theta_s + \Delta \theta) dC_s / d\theta_s\}]$$

ただし,  $\tau = U_{in} t / L, \eta = z / L, \theta_g = (T_g - T_s^0) / (T_g^0 - T_s^0), \theta_s = (T_s - T_s^0) / (T_g^0 - T_s^0),$   
 $\Delta \theta = T_s^0 / (T_g^0 - T_s^0), C_g = c_g / c_g^0, C_s = c_s / c_s^0, p_g = \rho_g / \rho_g^0, p_s = \rho_s / \rho_s^0, \nu = U / U_{in},$   
 $\lambda_g = 6(1 - \epsilon) L h_p / U_0 d_p \phi \rho_g^0 c_g^0, \lambda_s = 6\epsilon L h_p / U_0 d_p \phi \rho_s^0 c_s^0$

これらの式を特性曲線法により常微分化し, 数値積分を行なった。Fig. 2 は, 伝熱係数をパラメータとした実験結果のシミュレーションである。この条件では, 伝熱係数は, Ranz の式<sup>3)</sup> より推算した値の約 0.55 倍であった。

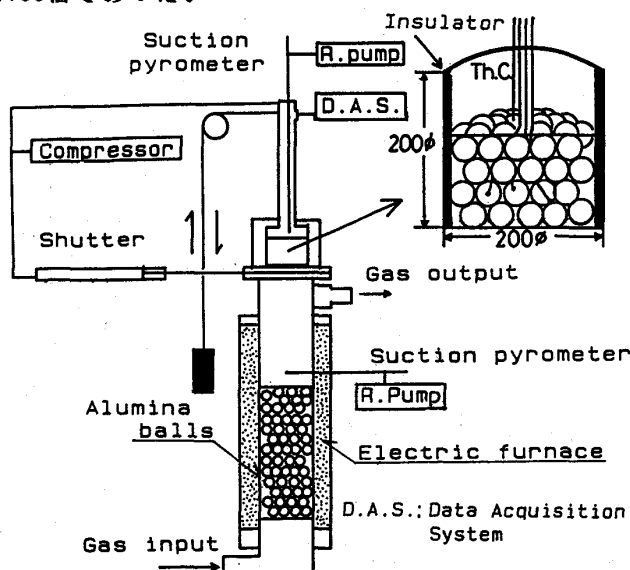


Fig. 1 Experimental apparatus.

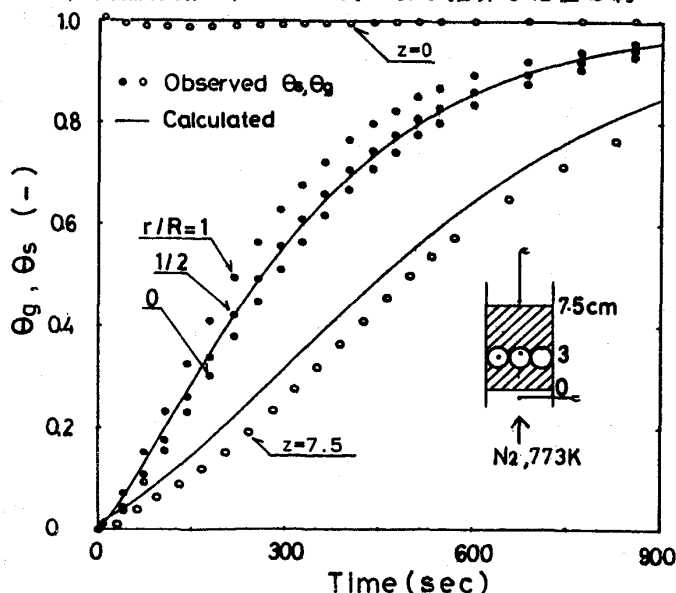


Fig. 2 Comparison between observed and calculated temperature profile.

参考文献 1) 羽田野ら; 鉄と鋼, 66(1980), p.1898. 2) J. Yagi et al.; Trans. ISIJ, 10(1970), p.181.

3) W. E. Ranz; Chem. Eng. Progr., 48, (1952), p.247