

(88) 噴流ガス, 溶融金属間の気相物質移動に関する数値解析

東北大学工学部

谷口尚司 ○菊池 淳 前田四郎

1. 緒言 前報^{1),2)}において, 噴流ガスと溶融金属間の気相物質移動に関するモデル実験をおこない, 気相物質移動係数に関する諸因子の影響を検討した。

本報では先のモデル実験のうち, 噴流ガス, 固体間の昇華実験(窒素, ナフタリン系(図1))および噴流ガス, 静止液体間の蒸発実験(窒素, トルエン系など)の気相物質移動現象を理論的に検討する。

2. 噴流ガス, 固体間の昇華実験 図1に示すように, ノズルから噴出されたガスが固体円板と接触し, 拡散成分が固体表面からガス中に移動する場合を考える。ガスはニュートン流体で, 非圧縮性流体であるとし, また $Z \geq Z_2$ ではガスが整流されていてかつその流れがピストン流れであるとする。

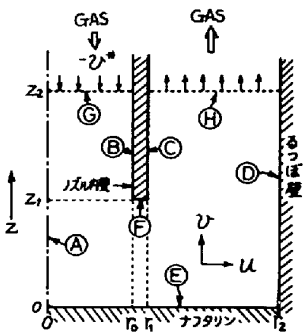


図1 噴流ガス, ナフタリン系の昇華実験

2.1 基礎式 定常状態下における運動および物質移動の基礎式は(1)~(4)式で示される。

$$\frac{1}{r} \frac{\partial ru}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \quad \dots (1) \quad u \frac{\partial u}{\partial r} + v \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial p}{\partial r} = \nu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ru) \right) + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \quad \dots (2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial r} + v \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial p}{\partial z} = \nu \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] \quad \dots (3) \quad u \frac{\partial c}{\partial r} + v \frac{\partial c}{\partial z} = D \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial c}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right] \quad \dots (4)$$

図1の(A), (B), ..., (H)における速度(u, v)および濃度 c の境界条件を用いて(1)~(4)式を数値的に解く(緩和法)。

2.2 数値解の1例 (1) フローパターン 図2に $V^* (= r_2 v^* / \nu) = 200$, $Z_1 (= Z/r_2) = 0.5$, $Z_2 (= Z/r_2) = 1$, $R_0 (= r_0/r_2) = 0.3$, $R_1 (= r_1/r_2) = 0.4$ の場合のフローパターンを示した。また写真1に, ほぼ同じ条件下のフローパターンの観察結果を示した。両者のフローパターンは大略一致している。(2) 濃度分布 $Sc (= \mu/\rho D) = 1$ の場合の濃度分布の1例を図3に示した。(3) 平均物質移動係数 濃度分布より求めた平均物質移動係数は先²⁾に得られた実験式と大略一致した。

3. 噴流ガス, 静止液体間の蒸発実験 噴流ガスによって, 気, 液界面は半径方向に流動する。液のフローパターンの1例を図4に示した。この条件下では平均物質移動係数は噴流ガス, 固体間のそれと大略同じであった。

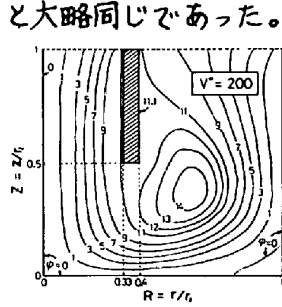


図2 ガスのフローパターン
 $U = \frac{1}{R} \frac{\partial \psi}{\partial Z}, V = -\frac{1}{R} \frac{\partial \psi}{\partial R}$
 $U = \nu u/\nu, V = \nu v/\nu, V^* = r_2 v^*/\nu$

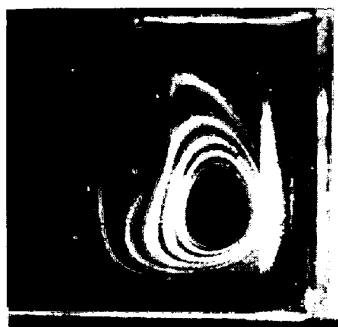


写真1

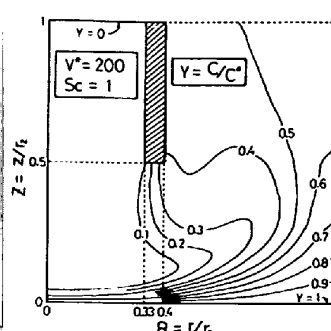


図3 濃度分布

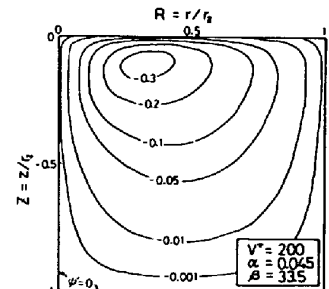


図4 液のフローパターン
 $U' = \frac{1}{R} \frac{\partial \psi'}{\partial Z}, V' = -\frac{1}{R} \frac{\partial \psi'}{\partial R}$
 $\alpha = \nu/\nu, \beta = \mu/\mu$

(主要記号) μ, ρ : ガスの粘度および密度, μ', ρ' : 液の粘度および密度, $\nu = \mu/\rho, \nu' = \mu'/\rho'$
 v^* : $Z = Z_2$ におけるノズル内のガスの流速

文献 1) 谷口, 菊池, 前田; 鉄と鋼, 59, (1973), S404, 2) 谷口, 菊池, 前田; 鉄と鋼, 60, (1974), S413